Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada

CANMET

Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie
Canada Centre for Mineral and Energy Technology

LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES
RAPPORT ANNUEL 1986-1987

AVRIL 1987

PRIX D'EXCELLENCE DU CANADA 1986

PALME D'ARGENT EN TRANSFERT DE TECHNOLOGIE

Canada

88-05509/

LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES

RAPPORT ANNUEL 1986-1987

CENTRE CANADIEN DE LA TECHNOLOGIE DES MINÉRAUX ET DE L'ÉNERGIE

ÉNERGIE, MINES ET RESSOURCES CANADA

RAPPORT DE DIVISION MSL 87-85 (RT)

MICROMEDIA

17789

AVANT-PROPOS

Le présent rapport annuel des Laboratoires des sciences minérales présente une vue d'ensemble des réalisations et des activités de la Division au cours de l'année financière 1986-1987. La préparation du rapport annuel fait appel à la bonne volonté et à la participation de tout le personnel de la Division; nous désirons remercier tout spécialement Mme Mabel Palmer et M. Lloyd Dalton qui ont coordonné la compilation du rapport.

La nouvelle couverture du rapport porte le logo du Prix d'Excellence du Canada pour 1986. Cette palme d'argent, honorant le transfert de technologie, a été remise à Almax Industries (1980) Ltd., au Centre canadien de la technologie des minéraux et de l'énergie et à l'Université Queen's, en reconnaissance de leurs travaux d'innovation et de bonne gestion pour le transfert de la technologie utilisée dans la fabrication de céramiques à haute performance. Ce prix d'excellence, parrainé par le ministère de l'Expansion industrielle régionale, a été remis au Dr T.A. Wheat, des Laboratoires des sciences minérales, qui a reçu le prix au nom de CANMET.

Cette année, le rapport annuel comporte de nouveaux articles, afin de donner une vue d'ensemble plus détaillée des activités en cours aux laboratoires. Ces articles traitent notamment des études en cours dans le cadre des Ententes sur l'exploitation minérale, et des rapports importants avec l'industrie, les universités et les administrations gouvernementales.

Nous invitons les lecteurs à nous faire parvenir leurs commentaires en les adressant au:

L.L. Sirois
Directeur
Laboratoires des sciences minérales

FOREWORD

The Annual Report of the Mineral Sciences Laboratories for 1986/87 contains an overview of the accomplishments and activities of the division during this fiscal year. The prepraration of an annual report enlists the good will and effort of the entire staff; special acknowledgement should go to Mrs. Mabel Palmer and Mr. Lloyd Dalton who coordinated this year's report.

The cover incorporates the logo of the Canada Awards for Excellence, 1986. This silver award in technology transfer was presented to Almax Industries (1980) Ltd., The Canada Centre for Mineral and Energy Technology (CANMET) and Queen's University for the successful development and well-managed transfer of technology used to manufacture efficiently high performance ceramics. This award is sponsored by the Department of Regional Industrial Expansion and was received for CANMET by Dr. T.A. Wheat of the Mineral Sciences Laboratories.

New features have been incorporated this year to provide a more detailed and comprehensive overview of the activities of the laboratories and include: ongoing Mineral Development Agreement studies; significant contacts with industry, universities and government.

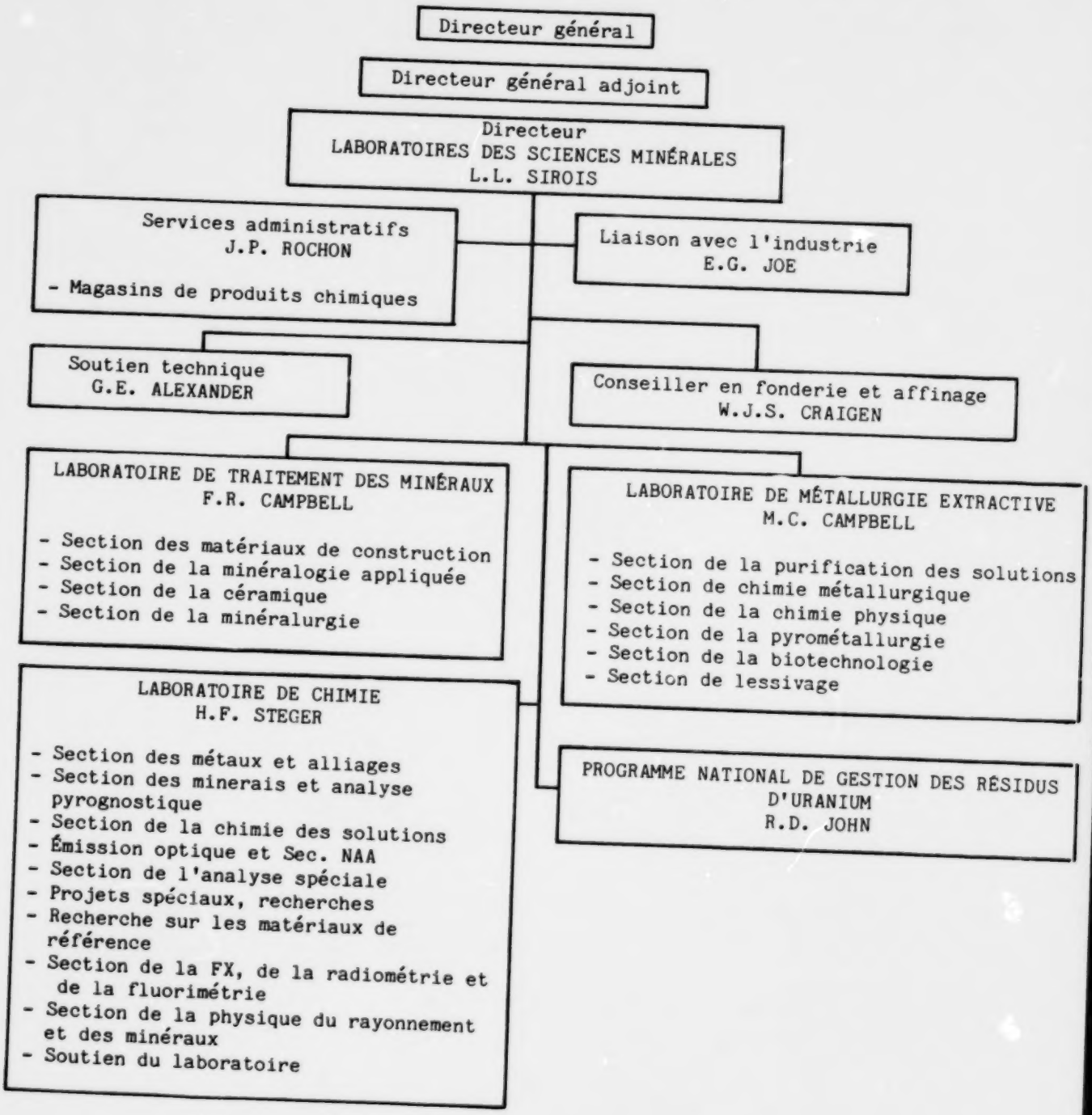
Comments from readers are very welcome and should be directed to:

L.L. Sirois
Director
Mineral Sciences Laboratories

HIÉRARCHIE ET PERSONNEL PROFESSIONNEL

CENTRE CANADIEN DE LA TECHNOLOGIE DES MINÉRAUX ET DE L'ÉNERGIE (CANMET)

LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES



AFFECTATION DES RESSOURCES
LSM - ANNÉE FINANCIÈRE 1986-1987

PROGRAMME: SCIENCES MINÉRALES ET GÉOSCIENCES
ACTIVITÉ: "A BASE"

SOUS-ACTIVITÉ	LSM 000 $
14. EXPLOITATION MINIÈRE	
- Personnel (A-P)	132(3)
- Exploitation	19
- Immobilisations	20
20. EXTRACTION ET PRÉPARATION DU CHARBON	
- Personnel (A-P)	220(5)
- Exploitation	75
- Immobilisations	18
30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX	
- Personnel (A-P)	7 392(169)
- Exploitation	1 047
- Immobilisations	322
50. TECHNOLOGIE DES COMBUSTIBLES	
- Personnel (A-P)	44(1)
- Exploitation	20
- Immobilisations	20
70. MÉTAUX ET MATÉRIAUX	
- Personnel (A-P)	132(3)
- Exploitation	10
- Immobilisations	10
TOTAL DE L'ACTIVITÉ	
- Personnel (A-P)	7 920(181)
- Exploitation	1 171
- Immobilisations	390

PROGRAMME - ACCORD DE DÉVELOPPEMENT MINÉRAL
ACTIVITÉ - "A BASE"

SOUS-ACTIVITÉ	LSM 000 $
30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX	
- Personnel (A-P)	128(4)
- Exploitation	65
- Immobilisations	Nil

PROGRAMME - TECHNOLOGIE DE L'AMIANTE
ACTIVITÉ - "A BASE"

SOUS-ACTIVITÉ	LSM 000 $
30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX	
- Personnel (A-P)	Nil
- Exploitation	53
- Immobilisations	25

PROGRAMME: SCIENCES MINÉRALES ET GÉOSCIENCES
ACTIVITÉ: R-D SUR L'ÉNERGIE

SOUS-ACTIVITÉ	LSM 000 $
14. EXPLOITATION MINIÈRE	
- Personnel (A-P)	Nil
- Exploitation	Nil
- Immobilisations	Nil
20. EXTRACTION ET PRÉPARATION DU CHARBON	
- Personnel (A-P)	Nil
- Exploitation	Nil
- Immobilisations	220
30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX	
- Personnel (A-P)	250(5)
- Exploitation	285
- Immobilisations	251
50. TECHNOLOGIE DES COMBUSTIBLES	
- Personnel (A-P)	50(1)
- Exploitation	20
- Immobilisations	30
70. MÉTAUX ET MATÉRIAUX	
- Personnel (A-P)	
- Exploitation	
- Immobilisations	
TOTAL DE L'ACTIVITÉ	
- Personnel (A-P)	
- Exploitation	
- Immobilisations	

PROGRAMME - BIOTECHNOLOGIE
ACTIVITÉ - "A BASE"

SOUS-ACTIVITÉ	LSM 000 $
30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX	
- Personnel (A-P)	Nil
- Exploitation	
- Immobilisations	Nil

PROGRAMME NATIONAL DE GESTION DES RÉSIDUS D'URANIUM
ACTIVITÉ - "A BASE"

SOUS-ACTIVITÉ	LSM 000 $
30. TRAITEMENT DES MINÉRAUX	
- Personnel (A-P)	132(3)
- Exploitation	1 194
- Immobilisations	Nil

FAITS SAILLANTS

LABORATOIRE DE CHIMIE

Le Laboratoire de chimie dispense des services de soutien analytique ainsi que des services de recherche relatifs à la mise au point de méthodes d'analyse dans le cadre du Programme des minéraux et des sciences de la terre, de CANMET. Il fournit de l'aide technique et des services de consultation en matière de chimie analytique à d'autres organismes et ministères des gouvernements provinciaux et fédéral, ainsi qu'à des universités et à des organismes industriels. Il prépare, homologue et distribue des matériaux de référence afin d'améliorer le contrôle de la qualité dans l'industrie minéralurgique canadienne. Il participe aux travaux de comités de diverses associations nationales et internationales et offre aussi le seul service canadien d'arbitrage analytique en matière de détermination de la teneur en uranium des concentrés d'uranium, afin de régler les différends entre fournisseurs et affineurs.

Durant la période visée par le présent rapport, les travaux de recherche et de mise au point de méthodes d'analyse faisant appel à des procédés de chromatographie en phase liquide et en phase gazeuse se sont poursuivis. Une méthode dynamique de chromatographie en phase liquide des échanges d'ions a été appliquée directement au dosage des éléments des terres rares et de l'yttrium dans les aciers, les alliages non ferreux, les matériaux avancés et les produits de traitement du minerai d'uranium. Des apports ont également été faits à la mise au point de méthodes de chromatographie en phase liquide, appliquées au dosage des acides organiques de faible poids moléculaire contenus dans des produits de lixiviation prélevés lors d'études sur l'utilisation de barrières biologiques d'oxygène, dans les dépôts de résidus miniers; au dosage des anions de sulfoxy, de chlore et de cyanure dans les produits et dans les effluents stériles cyanurés, analysés dans le cadre de recherches sur la lutte à la pollution; ainsi qu'à des dosages de sulfite et de sulfate, en vue d'une application à un vaste éventail de types d'échantillons. La chromatographie en phase gazeuse capillaire a été appliquée à l'estimation de l'importance de l'oxydation et de la décomposition en phases dibutyléther de l'isodécanol et du diéthylène glycol, dans le cadre d'études sur l'extraction de l'or à l'aide de solvants.

La spectrométrie d'absorption atomique (SAA), la spectrométrie d'émission atomique à plasma couplé inductivement (SEAPCI) et la fluorescence X ont été appliquées au dosage rapide et direct de plusieurs éléments, dans des échantillons de solution de traitement hydrométallurgique, d'alliages ferreux et non ferreux, et de matières présentes dans l'environnement. Durant la période à l'étude, un deuxième appareil SEAPCI a été mis en exploitation, aux fins d'analyse courante. Un appareil de préparation aux micro-ondes a été acquis, pour assurer la dissolution rapide des échantillons destinés au dosage de la teneur en arsenic et en antimoine par SEAPCI. Une méthode faisant appel à la fluorescence X a été mise au point pour effectuer le dosage direct des éléments de numéro atomique > 21 dans les solutions organiques. Une méthode SAA utilisant un four en graphite pour faire le dosage de l'arsenic présent en

quantités minimes ou à l'état de traces dans les minerais et autres matériaux apparentés, a été élaborée.

Le manuel d'analyse intitulé "Méthodes de dosage des métaux précieux utilisées au CANMET", SP86-1F a été publié; le manuel était la publication de CANMET la plus demandée à la fin de la période à l'étude.

Grâce au Projet canadien sur les matériaux de référence (PCMR), le Laboratoire de chimie a fourni à l'industrie canadienne des matériaux de référence composés homologués, qui sont caractéristiques des gîtes miniers et minéralogiques du Canada. Les recettes générées par la vente des produits du PCMR ont augmenté d'environ 10 %, au cours de l'année, et se sont chiffrées à 120 000 $. Trois minerais d'or, deux matières végétatives pour radionuclides et un minerai d'uranium ont été homologués et mis en vente; des programmes interlaboratoires conjoints relatifs à un concentré d'uranium (trioxyde) et à un concentré de cuivre ont été menés à terme; l'homologation d'une série de sept alliages de zinc et d'aluminium ainsi que d'un matériau de référence de britholite de terres rares, est presque terminée. Les installations du PCMR servent toujours de centre de ressources pour la préparation de matériaux de référence, liée à quatre projets entrepris par l'industrie et par d'autres organismes.

Le personnel du Laboratoire a continué de participer aux travaux de divers comités nationaux et internationaux, notamment à ceux des comités de l'Organisation internationale de normalisation (ISO). Il a ainsi participé aux activités du Comité du Conseil sur les matériaux de référence (REMCO), à celles du TC 102, sur les normes applicables aux minerais de fer, et à celles du TC 183, sur les méthodes normalisées d'analyse chimique des concentrés et des minerais de cuivre, de plomb et de zinc. Il a également collaboré à la préparation, pour l'Agence internationale de l'énergie atomique, d'un manuel sur l'application de la chimie analytique dans l'industrie de l'exploration, de l'extraction et du traitement de l'uranium.

Le Laboratoire de chimie a participé à des travaux avec recouvrement des coûts des LSM. Il a fourni un soutien analytique en rapport avec certains projets, notamment celui du dosage de l'or dans les balayures de la Monnaie royale canadienne et celui des résidus de Waite Amulet, actuellement entrepris par les laboratoires de métallurgie extractive et de traitement des minéraux. Le PCMR a préparé des matériaux de référence pour la société Aluminium du Canada Ltée, pour l'Agence internationale de l'énergie atomique et pour Environnement Canada. Des méthodes de datation des traces géologiques ont été élaborées. Des travaux de datation d'échantillons ont été effectués pour le compte de l'Université d'Ottawa et du Conseil de recherche de la Saskatchewan, sur une base de recouvrement des coûts.

Un système informatisé de suivi des échantillons a été mis en place au Laboratoire de chimie; ce système est fondé sur l'utilisation de micro-ordinateurs compatibles avec ceux d'IBM, d'un réseau local régional Novell (LAN) et d'un logiciel Dataflex à accès multiple. Cette innovation permettra la gestion effective et efficace des échantillons et, ce qui revêt une grande importance pour les clients du Laboratoire de chimie, la présentation de rapports à jour plus fréquents sur les échantillons.

Un projet sur les alliages amorphes a été entrepris en collaboration avec les Laboratoires de recherche en métallurgie physique. L'appareillage devant permettre l'étude des effets magnétiques et thermodynamiques d'alliages de FeZr et FeNdB est actuellement mis en place.

LABORATOIRE DE MÉTALLURGIE EXTRACTIVE

Le Laboratoire de métallurgie extractive contribue à l'avancement des sciences et des technologies minéralogiques, grâce à toute une gamme d'activités visant tant l'amélioration des connaissances que la solution de problèmes industriels pratiques. L'étendue des act vités de recherche est influencée par la perception des lacunes identifiées dans les domaines de l'information et de la technologie, par l'évolution des orientations politiques, par les conseils de l'industrie et par les demandes de travaux formulées directement par des sociétés clientes.

La recherche a pour but ultime le transfert pratique et pertinent de la technologie, à l'industrie minérale canadienne. L'efficacité de ce transfert de technologie est confirmée par les réalisations suivantes:

a) Mise au point de techniques de traitement applicables à la récupération et au recyclage du cyanure contenu dans les effluents de traitement de l'or.

b) Mise au point de procédés de récupération du nickel, du gallium, et de terres rares, pour des clients.

c) Soutien scientifique et technique de projets de lixiviation de minerai sur place, assistée par des procédés biologiques, en Ontario et au Manitoba.

d) Évaluation d'options de traitement plus poussé, pour la production d'antimoine.

e) Récupération de métaux précieux contenus dans les stériles métallurgiques.

f) Destruction biologique des hydrocarbures avant la flottation d'un minerai de cuivre-molybdène.

g) Mise au point d'une sonde d'arsenic pour le contrôle à même les gaz.

h) Caractérisation des phases métalliques dans les boues des anodes utilisées pour l'électro-affinage du cuivre.

Ces activités de recherche variées comprennent l'examen d'aspects plus fondamentaux de phénomènes scientifiques. Les travaux sur les effets photo-électrochimiques des surfaces minérales permettent d'entrevoir des possibilités relatives à l'amélioration et au contrôle des réactions hydrométallurgiques par des moyens photo-électriques. Des matières peu coûteuses, l'hématite par exemple, pourraient être efficaces dans des procédés photocatalytiques.

Le contrôle du fer dans les circuits hydrométallurgiques a été mis en relief en 1986, et une réunion spéciale du CIM Hydrométallurgie, a été tenue à Toronto, grâce à l'initiative de CANMET. Des travaux de recherche internes sur le contrôle du fer et sur la chimie d'autres espèces en solution ont permis d'approfondir les connaissances acquises sur la dissolution et la précipitation d'espèces métalliques. Ces travaux se traduiront par une amélioration de la récupération du métal dans les industries du zinc et du cuivre.

La recherche en électrochimie a contribué à améliorer le contrôle et l'efficacité des installations de traitement électrolytique. Une importante étude de l'affinage du cuivre, réalisée en coparticipation, a fait progresser les connaissances sur les procédés utilisés dans l'industrie canadienne. Une étude globale sur l'électrolyse aqueuse et en fusion des sels de plomb a été menée à terme, à contrat.

La recherche de procédés visant l'amélioration de la récupération du métal et la réduction de l'incidence environnementale du traitement des minerais sulfurés a conduit à la mise au point d'un procédé de lixiviation au perchlorure de fer. Des améliorations notoires ont été apportées aux stades de la cémentation et de la purification des solutions, de ce procédé. Les modifications apportées au schéma de traitement ont produit un procédé qui pourrait bien offrir une voie de rechange économique et permettre une récupération importante à partir de gîtes de minerais sulfurés complexes.

La biotechnologie fait partie des technologies identifiées comme émergentes ou prometteuses. L'interaction des espèces biologiques avec les ensembles minéraux est amplement confirmée. Le réseau BIOMINET a contribué à améliorer les communications entre les nombreuses disciplines qui s'intéressent à ce domaine. Les travaux de recherche faits à l'interne ont permis d'identifier des bactéries hétérotrophes qui font un lessivage sélectif du nickel. Les travaux entrepris avec le concours d'entrepreneurs et de clients industriels enregistrent des progrès marqués dans les domaines de la biosorption des métaux, de la bioaccumulation d'éléments, comme le sélénium par exemple, et de la biodestruction des hydrocarbures et du cyanure.

Un projet global d'évaluation des procédés de rechange applicables à la récupération de l'uranium a été mené à terme. Les retombées de ces travaux ont permis d'améliorer les techniques de récupération existantes de l'uranium et d'autres métaux, notamment des terres rares, du gallium, du nickel, de l'or, et des métaux du groupe platine. Ces travaux ont également permis d'améliorer sensiblement les techniques d'extraction fondées sur l'utilisation de solvants ou l'échange d'ions.

Le grand intérêt suscité par l'or est reflété par les travaux de recherche en cours. Un certain nombre de procédés de prétraitement et de lixiviation de rechange ont été identifiés et éprouvés en regard du procédé au cyanure. La récupération de l'or d'une solution au moyen d'une nouvelle technique fondée sur l'échange ionique, a donné des résultats encourageants. La récupération du cyanure des solutions stériles a continué d'occuper des ressources affectées au perfectionnement de la méthode de l'acidification-volatilisation-reneutralisation (AVR) ainsi qu'à l'évaluation de l'osmose

inversée et des techniques faisant appel à l'échange ionique. Les travaux relatifs à l'or ont également débouché naturellement sur la séparation des métaux du groupe platine.

L'intérêt accru porté à la gestion efficace des résidus ainsi qu'aux techniques d'abandon a accentué le niveau de collaboration entre l'industrie et les chercheurs. Les travaux se sont poursuivis dans le but de mieux comprendre les mécanismes physiques, chimiques et biologiques inhérents à la production d'eau de ruissellement acide. L'efficacité des matières de recouvrement, y compris l'évacuation en eaux profondes, est clairement indiquée.

La recherche pyrométallurgique a révélé la possibilité d'un nettoyage amélioré des laitiers non ferreux en utilisant une matte à haute teneur en sulfure de fer. Une base de données améliorée sur le système d'oxyde d'arsenic a rendu possible la mise au point d'une sonde d'arsenic. L'évaluation de l'utilisation de calcaires à des fins de désulfuration, dans la combustion du charbon en lit fluidisé, a été améliorée, grâce à l'utilisation d'un lit fluidisé circulant. Un vaste éventail de calcaires a été éprouvé.

La prestation de services à d'autres organismes fait partie du défi que doivent relever les scientifiques. La reconnaissance de cet apport prend la forme de prix. Le D^{r} R. Sutarno a reçu un de ces prix, le prix John L. Haque, qui lui a été décerné par l'American Society for Testing and Material (l'ASTM), en reconnaissance de son apport à l'élaboration de normes applicables à l'échantillonnage et à l'analyse des minerais porteurs de métal. Le D^{r} Sutarno a beaucoup contribué aux travaux de l'Organisation internationale de normalisation, dans le domaine de l'analyse statistique.

Cet exposé donne un aperçu des principales activités du Laboratoire de métallurgie extractive. Les détails en sont repris un peu plus loin, dans le corps du rapport.

LABORATOIRE DE TRAITEMENT DES MINÉRAUX

Le Laboratoire de traitement des minéraux fait des recherches internes ainsi que des travaux à contrat, en réponse aux besoins de l'industrie minéralurgique canadienne. Le programme est élaboré en étroite collaboration avec l'industrie et avec les provinces (grâce à des ententes d'exploitation minérale) et il est mis en oeuvre avec le concours d'entrepreneurs industriels en R-D, d'entreprises de recherche privées, d'organismes de recherche provinciaux et d'universités. D'importants projets sont en cours dans les domaines liés au traitement des minerais métalliques, du charbon et des minéraux industriels, à la mise au point et à l'épreuve de matériaux de construction améliorés, notamment le béton, ainsi qu'à la préparation et au traitement de produits en céramique, tant classiques qu'avancés. Ces activités sont soutenues par toute une gamme de recherches minéralogiques, portant précisément sur la conception et l'optimisation des procédés.

En reconnaissance de son travail dans le domaine du transfert de la technologie des céramiques avancées à l'industrie canadienne, le CANMET recevait en 1986 la médaille d'argent, lors de la remise des prix d'excellence du Canada. Le CANMET partage cette palme d'argent avec la société Almax Industries et avec l'Université Queen's; ce prix reconnaît la réussite au niveau du transfert du savoir-faire et de l'expertise liés à la composition, à la préparation et au traitement des céramiques piézo-électriques destinées à une utilisation dans les transducteurs sonar et les céramiques conductrices d'ions destinées à une utilisation dans les génératrices thermo-électriques et dans les batteries au sodium-soufre. La mise au point de ces produits a permis à la jeune société Almax de devenir une entreprise de recherche et de fabrication de céramiques de haute technologie, comptant presqu'une centaine d'employés. Le D^{r} T.A. Wheat, du LTM, a été le principal scientifique ayant participé à la mise au point et au transfert de cette technologie.

Même si cet alliance entre le CANMET et l'industrie dans le domaine de la céramique est peut-être la réussite la plus visible, il ne s'agit pas là d'un cas unique limité à la société Almax. Des scientifiques du LTM ont mis en oeuvre des programmes en collaboration avec un certain nombre d'autres entreprises canadiennes intéressées à la technologie des céramiques avancées. Ces programmes comprennent le soutien technique et financier de CANMET à des travaux de R-D de l'industrie, l'accès à l'expertise de CANMET ainsi que l'adjonction de personnes venues de l'industrie travailler aux installations de CANMET.

Dans le domaine des matériaux de construction, dans le cadre du programme visant l'utilisation accrue des constitutants secondaires de cimentation dans le béton, le LTM a produit un béton superplastique ayant une teneur en cendres volantes nettement supérieure à ce qui était auparavant considéré praticable. Plus de la moitié du ciment de ce béton a été remplacée par des cendres volantes, et ce béton a conservé une résistance supérieure et un module (d'élasticité) plus élevé que le béton de référence. Ce béton comporte aussi un grand avantage du fait de sa chaleur d'hydratation nettement inférieure, ce qui permet la mise en place de très grandes sections sans formation de fissures internes attribuables à des contraintes induites thermiquement.

Dans ce même domaine, le LTM a également entrepris une importante étude sur un problème persistant, celui de la réaction des agrégats et d'alcalis. Une détérioration structurale généralisée se manifeste durant le cycle de vie des ouvrages, par suite de la réaction des alcalis présents dans le ciment, lorsque certains types de silice sont présents dans les agrégats. Grâce à divers travaux exécutés à l'interne et à contrat, le LTM recueille des renseignements sur l'étendue de ce problème, identifie certaines sources régionales d'agrégats qui manifestent une réactivité, et met au point l'utilisation de constituants secondaires de cimentation pour contrôler les réactions déjà énumérées.

Les installations ainsi que l'expertise minéralogique unique du LTM ont été fortement sollicitées, à nouveau, durant l'année écoulée, et la capacité du Laboratoire à répondre à ces demandes continuera de s'améliorer au fur et à mesure que le nouvel appareillage fonctionnera pleinement. Durant cette

période, voici les secteurs qui ont présenté un intérêt particulier et qui méritent d'être notés: i) une caractérisation minéralogique détaillée de résidus sulfurés, dont les résultats ont nettement contribué à la compréhension des sérieux problèmes environnementaux associés à la production d'acide dans ces résidus; ii) la recherche minéralogique sur la nature des boues d'anode de cuivre, qui a été très bien reçue par l'industrie et qui promet de conduire à un contrôle amélioré des impuretés dans l'affinage du cuivre; iii) le deuxième Atelier d'analyse par imagerie, qui a attiré 30 participants, dont la moitié provenaient d'entreprises d'exploitation; l'expertise acquise par le LTM, dans le domaine de l'analyse d'image, est actuellement en voie d'être communiquée à des entreprises qui procèdent à l'installation de cet appareillage, au Canada, ou qui prévoient en entreprendre la fabrication; iv) le démarrage de recherches minéralogiques détaillées sur des minerais d'or en utilisant des techniques faisant appel notamment aux microsondes à électrons, aux microsondes à ions et aux "micro-PIXE". Le CANMET a fourni un soutien technique et financier pour favoriser la mise au point et l'exploitation d'installations utilisant ces deux derniers appareils dans des universités canadiennes.

Dans le domaine du traitement des minerais, l'utilisation de la famille des programmes SPOC par l'industrie canadienne s'est nettement intensifiée durant l'année écoulée après la conversion du logiciel pour une utilisation sur ordinateur personnel d'IBM (IBM PC) et en raison des efforts accrus consentis par le personnel du LTM pour diffuser, ou commercialiser, ce logiciel. Un atelier a été organisé à Bathurst (Nouveau-Brunswick) pour initier des utilisateurs éventuels à l'exploitation de ce logiciel, et cet atelier a connu un vif succès; d'autres ateliers du genre sont prévus, pour l'année qui vient, dans d'autres villes. Les ventes de la méthode SPOC sont maintenant supérieures à 120 et elles augmentent au rythme de cinq par mois. La prochaine génération de méthodes de traitement minéral assisté par ordinateur est actuellement en voie d'élaboration: il s'agira de systèmes spécialisés. Les scientifiques du LTM ouvrent la voie, dans ce domaine, et ils jouent le rôle de catalyseur pour réunir les experts techniques et les utilisateurs de l'industrie minéralurgique.

Toujours dans le domaine du traitement des minerais, les programmes d'économie de l'énergie visant l'étude, à l'échelle de l'installation pilote, des effets des aides de broyage, de l'utilisation d'appareils de classification très efficaces et de diverses configurations de broyeur/classificateur, et autres initiatives semblables, ont indiqué une réduction de 50 % de la consommation d'énergie unitaire. Un projet est actuellement en voie d'élaboration pour évaluer les économies d'énergie réalisables dans un circuit commercial de broyage de ciment, grâce à l'intégration de broyeurs à cylindres, de classificateurs très efficaces et d'une analyse et d'un contrôle de la taille des particules en cours d'exploitation. Le traitement de l'or placérien du Yukon ou du large des provinces de l'Atlantique a permis d'approfondir les connaissances acquises sur les exigences d'échantillonnage et de traitement applicables à la récupération de l'or de taille fine, ainsi qu'à la satisfaction des exigences d'ordre environnemental. Le traitement humide des résidus d'amiante a amené la mise au point de fibres à faible

teneur en fines, pour des applications à des produits de ciment d'amiante et de plastique, et l'intérêt marqué manifesté par des clients éventuels a été à l'origine de projets visant à sextupler la capacité de l'installation pilote de la Cassiar Asbestos. La mise au point de séparateurs magnétiques à forte intensité, à rouleaux permanents, s'est traduite par une amélioration spectaculaire des efforts faits par le CANMET pour séparer la cendre et la pyrite du charbon, l'argile de la potasse, et la silice du minerai de fer. Le traitement en laboratoire et en installation pilote de minerais de célestine, de talc et de chromite a donné des résultats métallurgiques améliorés, qui sont appliqués à la réévaluation de la faisabilité de la mise en valeur de certains gîtes.

LE PROGRAMME NATIONAL DE RECHERCHE SUR LES RÉSIDUS D'URANIUM

En 1981, après avoir étudié la question pendant un an, le Groupe de planification technique national de la recherche sur les résidus d'uranium (groupe dirigé par M. Philip Lapp) en est arrivé à la conclusion qu'on ne disposait pas de données scientifiques suffisantes pour faire des prévisions fiables quant aux effets à long terme des résidus d'uranium sur l'environnement. Ce groupe d'experts, qui avait été créé par Énergie, Mines et Ressources Canada, a alors recommandé la réalisation d'un programme de recherche pour acquérir les connaissances nécessaires. Le Gouvernement du Canada a donné suite à cette recommandation en annonçant, en 1982, la création d'un Programme national de recherche sur les résidus d'uranium (PNRRU). Ce programme, qui devait s'étaler sur une période de cinq ans et auquel on comptait consacrer environ 8,5 millions $, devait permettre l'étude de moyens de prévoir les effets à long terme sur la santé des personnes et sur l'environnement des résidus de traitement de l'uranium.

Le principal objectif du programme était la constitution d'une base d'information qui soit crédible sur le plan scientifique, afin d'aider l'industrie minière et les organismes de réglementation gouvernementaux à élaborer des stratégies à long terme pour protéger la population et l'environnement. Un Comité consultatif technique, comprenant des représentants des gouvernements provinciaux et fédéral et des entreprises minières du Canada, s'est réuni périodiquement pour passer en revue les travaux effectués et faire des recommandations quant aux activités futures. En plus d'avoir fourni une aide technique et des conseils d'ordre théorique, les représentants des entreprises minières ont aussi apporté une aide matérielle qui a facilité la réalisation de plusieurs projets. Le Comité consultatif technique a aussi joué le rôle d'une tribune où les entreprises et les gouvernements ont pu discuter de leurs sujets de préoccupation communs. Une fois les divers problèmes bien définis, il a été possible d'entreprendre, dans le cadre du PNRRU, des projets qui ont permis de rassembler suffisamment d'informations pour permettre la prise de décisions logiques.

L'acquisition des compétences scientifiques nécessaires pour évaluer les effets à long terme au Canada des résidus de traitement d'uranium est un objectif secondaire du programme. On cherche aussi à développer une expertise

en matière de recherches sur l'environnement dans le secteur privé. À cette fin, le gros des travaux de recherche à effectuer a été attribué à des entreprises privées canadiennes (sociétés de recherche et de consultation), par voie d'adjudication.

L'année financière à l'étude était la dernière année du PNRRU. Les ressources financières qui restaient (1,2 M $, 3 A-P) ont donc été consacrées à la consolidation des travaux des années antérieures, de façon à réaliser l'objectif du programme.

Dans le domaine de la modélisation mathématique, le travail a été concentré sur la dernière mise au point du modèle, puis sur son application à deux dépôts de résidus existants. Parallèlement, des efforts ont été faits pour confirmer la validité du modèle, en en comparant les résultats à ceux d'autres modèles, et en le soumettant à la critique de pairs.

Dans le domaine de la technologie d'évacuation, le travail a surtout comporté la production d'un manuel portant sur l'incidence à long terme des diverses méthodes d'évacuation des résidus.

Dans le domaine de la recherche fondamentale, d'autres travaux ont été faits dans le but de mieux comprendre le comportement chimique et physique du thorium, de l'arsenic et du nickel, ainsi que l'oxydation des pyrites.

Durant l'année, au fur et à mesure que le programme se dirigeait vers son terme, les membres du personnel ont été mutés à d'autres postes, mais l'expertise nécessaire à la conclusion du programme est demeurée disponible. À la fin de l'année, deux des huit employés permanents étaient en poste. Quinze nouveaux contrats ont été attribués en 1986-1987; ces contrats, ajoutés aux huit contrats en cours, ont porté le total des contrats à vingt-trois, pour l'année. Le personnel du PNRRU a également diffusé sept communications, dans des comptes rendus de conférence, dans des revues spécialisées et dans des publications du ministère.

ENTENTES SUR L'EXPLOITATION

Dans le cadre des ententes sur le développement économique et régional, le gouvernement fédéral et les gouvernements provinciaux ont conclu un certain nombre d'Ententes sur l'exploitation minérale (EEM), ententes qui visent à étayer et à diversifier l'industrie minérale des provinces et ainsi permettre aux minéraux de contribuer le plus possible à l'économie des provinces et à réduire les répercussions des fluctuations de l'économie. Les projets entrepris dans ce cadre permettent l'identification et l'évaluation des gîtes minéraux et la mise au point de méthodes appropriées d'extraction et de traitement des minéraux qui favorisent et accélèrent le développement du secteur.

Les Laboratoires des sciences minérales du CANMET assument des responsabilités majeures relativement aux activités se rapportant à la technologie minérale, qui sont entreprises en vertu d'EEM, dont les programmes sont appliqués conjointement par les gouvernements fédéral et provinciaux. (Pour

certaines EEM, le gouvernement provincial s'occupe seul de la mise en application.) Les LSM participent ainsi à la réalisation des programmes des EEM conclues avec Terre-Neuve, la Nouvelle-Écosse, le Nouveau-Brunswick, le Manitoba et la Saskatchewan. Les travaux de recherche sont confiés à des entreprises industrielles ou à des organismes de recherche provinciaux ou privés. Le rôle des LSM à cet égard est de préparer les programmes de travail, de fournir des conseils spécialisés et d'agir comme autorité scientifique relativement aux contrats, en consultation avec les autorités compétentes des provinces. La vingtaine de contrats en cours dans le cadre des EEM, contrats auxquels ont correspondu des dépenses de près de 3,5 M $ en 1986-1987, constitue un élément important du programme d'activités des LSM et mobilise une bonne partie de leurs ressources humaines.

Au cours de l'exercice 1986-1987, dans le cas de l'EEM avec Terre-Neuve, les efforts ont été axés sur l'amélioration du traitement du minerai de fer et sur l'évaluation de gîtes sulfurés de métaux communs. En Nouvelle-Écosse, le travail a surtout porté sur la découverte et sur la mise en valeur de nouvelles sources de minéraux industriels et de matériaux de construction. Au Nouveau-Brunswick, l'accent a été mis sur les matériaux de construction et sur la mise au point de procédés d'extraction de minéraux sulfurés. Au Manitoba, la plupart des travaux concernaient la réduction des émissions de soufre lors de l'extraction des minerais sulfurés. En Saskatchewan, enfin, on s'est surtout intéressé au traitement à sec de la potasse.

Les travaux entrepris en vertu de contrats résultant d'EEM sont décrits dans les parties du présent rapport qui portent sur les projets auxquels ils se rattachent (ainsi, les travaux portant sur le minerai de fer, entrepris en vertu de contrats conclus dans le cadre de l'EEM avec Terre-Neuve, sont décrits dans la section consacrée au projet des LSM sur le traitement du minerai de fer). Les contrats conclus en vertu d'EEM sont par ailleurs indiqués par les lettres "EEM", placées après le numéro de la demande de contrat.

PRIX SPÉCIAUX

Le CANMET a partagé avec l'Université Queen's et avec la société Almax Industries, le Prix d'Excellence du Canada, qui lui a été décerné en reconnaissance de la qualité de ses réalisations dans le domaine du transfert de la technologie. M. T.A. Wheat a été le principal scientifique de CANMET à participer au transfert de la technologie en céramique avancée.

MM. A.K. Kuriakose et A.J. Hanson ont gagné un prix pour leur communication intitulée "Carbure de silicium tiré du carbone et de la silice", présentée au Concours céramagraphique annuel, organisé par la Société canadienne de la céramique, en février 1987.

M. V.M. Malhotra a été élu membre honoraire de l'Institut américain du béton. Il est la plus jeune personne à occuper ce poste. Par ailleurs, le Comité organisateur de la Conférence internationale sur les cendres volantes,

les laitiers, les vapeurs de silice et les pouzzolanes naturelles, a donné son nom au Prix sur la cimentation supplémentaire.

MM. R. McCready et M.C. Campbell ont reçu le Prix de distinction, dans la catégorie des communications savantes, décerné par la Société des communications techniques, pour un article sur la biotechnologie, publié dans GEOS.

M. R. Sutarno a reçu le prix John L. Hague, de l'American Society for Testing and Materials, pour son apport technique à l'élaboration de normes.

TABLE DES MATIÈRES

PARTIE A. RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

ACTIVITÉ - TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE ET DES MINÉRAUX

SOUS-ACTIVITÉ - EXPLOITATION MINIÈRE — Page

Mécanique des roches 1
Projet 14.25.05 Dépôts souterrains de déchets radioactifs 1

Environnement minier 1
Projet 14.39.01 Poussières inhalables et ventilation 1

SOUS-ACTIVITÉ - EXTRACTION ET PRÉPARATION DU CHARBON

Désulfuration du charbon
Projet 20.79.01 Charbons à haute teneur en soufre 3

SOUS-ACTIVITÉ - TRAITEMENT DES MINÉRAUX

Évaluation des minéraux 6
Projet 30.05.01 Évaluation minéralogique des minerais 6

Enrichissement - Minéraux métalliques 8
Projet 30.13.01 Simulation d'installation de traitement des minéraux (SPOC) 8
Projet 30.13.02 Traitement du minerai de fer 10
Projet 30.13.03 Conception, mise au point, évaluation et mise en service du matériel scientifique 13
Projet 30.13.04 Techniques améliorées pour la récupération de l'étain et des particules fines 14
Projet 30.13.05 Modèles de libération/flottation 17

Enrichissement - Minéraux industriels 19
Projet 30.21.01 Économie de l'énergie dans le traitement des minéraux industriels 19
Projet 30.21.02 Étude sur l'enrichissement et le broyage de certains minéraux 22

Traitement - Céramiques 26
Projet 30.29.01 Préparation et caractérisation de matériaux de céramique avancée 26
Projet 30.29.03 Matériaux semi-conducteurs pour procédés catalytiques et photo-électrochimiques 30
Projet 30.29.05 Électrodes et matières réfractaires pour l'industrie de l'acier 33

Traitement - Minéraux industriels 34
Projet 30.37.01 Rendement et durabilité des bétons contenant des constituants secondaires de cimentation 34
Projet 30.37.02 RDE - Béton dans les ouvrages construits en mer 38

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Biotechnologie 40
Projet 30.45.01 Lixiviation biologique 40
Projet 30.45.02 Effets des phénomènes biologiques sur les *opérations industrielles* 43
Projet 30.45.03 Réseau de biotechnologie 44

Extraction - Minéraux métalliques 45
Projet 30.52.02 Procédés basés sur l'utilisation des chlorures pour le traitement des minerais sulfurés 45
Projet 30.52.03 Or 50
Projet 30.52.04 Réacteurs à plasma 56
Projet 30.52.05 Impuretés dans l'affinage du cuivre 57

Extraction - Matières radioactives 60
Projet 30.61.01 Mise au point d'un procédé de traitement de l'uranium .. 60

Normes et spécifications 62
Projet 30.69.01 Matériaux de référence 62
Projet 30.69.02 Méthodes analytiques 65
projet 30.69.03 Agrégats/béton - Essais et normes 71
Projet 30.69.04 Céramiques résistantes aux chocs thermiques 72

Récupération des sous-produits 73
Projet 30.77.01 Récupération de l'argent dans l'industrie du zinc 73
Projet 30.77.02 Laitiers métallurgiques non ferreux 77

Protection de l'environnement 79
Projet 30.86.01 Caractérisation des stériles et mécanismes de contrôle 79
Projet 30.86.02 Gestion des résidus, transport des solutions et migration des agents de contamination depuis les résidus 82
Projet 30.86.03 Contrôle de la pollution de l'eau 83
Projet 30.86.04 Contrôle de la pollution de l'air 86
Projet 30.86.05 Programme national de recherche sur les résidus d'uranium (PNRRU) 89
Projet 30.86.06 Secrétariat, Étude sur les stériles réactifs (RATS) 93

Combustion en lit fluidisé 94
Projet 50.62.01 Paramètres de rendement de bullage en lit fluidisé 94
Projet 50.62.02 Systèmes de combustion en lit fluidisé circulant 95

Entente sur l'exploitation minérale 97
Nouvelle-Écosse 97
Terre-Neuve 97
Nouveau-Brunswick 98
Saskatchewan 98
Manitoba 99

TABLE DES MATIÈRES (suite)

PARTIE B. SERVICES GÉNÉRAUX ET OPÉRATIONS

Laboratoire de chimie 101
Laboratoire de métallurgie extractive 102
Laboratoire de traitement des minéraux 102
Programme des projets industries-laboratoires (PPIL) 103
Contrats avec recouvrement des coûts 104
Projet spécial 105

PARTIE C. PARTICIPATION À DES COMITÉS TECHNIQUES

À l'échelle internationale 111
Au Canada 114
Aux États-Unis 118

PARTIE D. PUBLICATIONS, ARTICLES, EXPOSÉS ET RAPPORTS

Ouvrages 121
Articles et communications publiés dans des livres 121
Articles publiés dans des actes de conférence 121
Articles publiés dans des revues extérieures 123
Exposés 126
Rapports de CANMET (CM) 128
Rapports du Projet canadien sur les matériaux de référence (PCMR) 128
Rapports spéciaux (SP) 128
Programme national de recherche sur les résidus d'uranium (PNRRU) 129
    Rapports de recherche (IR) 130
    Rapports techniques (TR) 132
    Études documentaires (LS) 134
Brevets et demandes de brevet 134

PARTIE E. ÉCHANGES DE TECHNOLOGIE

Gouvernement 135
Universités et autres organismes 139
Industrie 142

PARTIE F. PERSONNEL PROFESSIONNEL, TECHNIQUE ET ADMINISTRATIF

Personnel des LSM 149

PARTIE A. RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

ACTIVITÉ: TECHNOLOGIE DE L'ÉNERGIE ET DES MINÉRAUX

SOUS-ACTIVITÉ: EXPLOITATION MINIÈRE

Mécanique des roches

- **Projet 14.25.05:** Dépôts souterrains de déchets radioactifs
  Chef de projet : V.V. Mirkovich

Objectifs:

Définir les caractéristiques pétrographiques des roches présentes dans les endroits où l'on étudie la possibilité d'enfouir des déchets radioactifs, et en déterminer les propriétés thermophysiques à partir de spécimens représentatifs.

a) Les mesures de la conductivité, de la diffusion et de la dilatation thermique des échantillons de roches provenant du Laboratoire de recherches sur le sous-sol de Pinawa, au Manitoba, sont terminées. Les rapports sur les caractéristiques thermophysiques et pétrographiques de ces roches sont en préparation.

b) Un projet entrepris en coparticipation par le CANMET et par le Lawrence Livermore National Laboratory, de l'Université de la Californie, portant sur la mesure de la diffusion thermique à hautes pressions, a été mené à terme avec succès. Sept types de roches peu poreuses provenant d'emplacements envisagés pour servir de dépôts de déchets radioactifs, ont été étudiés. Pour certaines de ces roches, les résultats obtenus ont révélé des caractéristiques de transport thermique inconnues jusqu'à maintenant.

c) Des échantillons de roches provenant de la région est de Bull Lake (Ontario) ont été retenus à des fins de détermination de leurs propriétés thermiques. La préparation des spécimens destinés aux mesures de la conductivité, de la diffusion et de la dilatation thermique, est en cours.

Publication:

- W.B., Durham, V.V., Mirkovich et H.C., Heard, "La diffusion thermique des roches ignées sous pression" (Thermal diffusivity of igneous rocks under pressure); Lawrence Livermore Nat. Laboratory, Rapport UCRL-96761, Livermore, Californie (1986). (Accepté pour publication dans J. Geophysical Research).

Environnement minier

- **Projet 14.39.01:** Poussières inhalables et ventilation
  Chef de projet : J. Bigu (LRM)

Objectifs:

Déterminer les caractéristiques de la poussière dans les mines souterraines et dans les mines à ciel ouvert, faire une évaluation des diverses sources de

poussières et des mesures de contrôle des poussières, et mettre au point des méthodes de mesure.

a) Dosage du quartz dans la poussière de mine, par absorption de l'infrarouge

Afin de pouvoir préparer des échantillons de quartz sur membranes de filtration par dépôt d'air en laboratoire, une petite chambre de poussière a été construite. Le système d'échantillonnage comprenait une cassette de filtration Millipore (d'un diamètre de 25 mm) pourvue d'une membrane de filtration DM 800, un cyclone en nylon de 10 mm et une pompe à écoulement élevé stabilisé Gilian. Le débit dans le train d'échantillonnage était de 1,7 L/min. Le nuage de poussière était créé au moyen de sable de silice broyé ou de quartz alpha inhalable NBS.

Le rendement inégal de l'appareillage d'échantillonnage a amené l'examen de l'effet de la configuration de la sortie sur le profil de dépôt de la poussière. En examinant séparément la partie centrale et les bords d'un dépôt, les différences d'épaisseur et de diamètre des tailles de particules de quartz ont été estimées; ces mesures ont permis de constater que le tampon d'appui habituellement placé derrière le filtre, dans la cassette Millipore, n'était pas assez épais pour empêcher la fluctuation des profils de dépôt ou la perte de quartz par des fuites autour du périmètre du filtre. L'utilisation d'un tampon à double épaisseur a donné des dépôts ayant un profil uniforme, c.-à.-d. avec une élévation au centre et une pente symétrique jusqu'aux bords.

Des dépôts s'inscrivant dans l'éventail massique de 98-800 µg de quartz, ont été utilisés pour préparer une courbe de calibrage. Le coefficient de corrélation, pour la régression à trois termes par zéro, habituellement appliqué au calibrage du quartz, était 0,9995. Même si une certaine distorsion du dépôt pouvait résulter du fait que le dispositif d'échantillonnage prélevait des échantillons dans un nuage de poussière plus dense, dans la chambre de poussière, que celui habituellement observé sur le terrain, tout indiquait que l'uniformisation de la pompe et du cyclone seuls ne définiraient pas le rendement, et qu'il fallait également examiner la configuration de la sortie, au niveau du filtre.

Des dépôts de quartz ont été examinés au spectrophotomètre FTIR Digilab, d'acquisition récente. Des porte-échantillons avec caches d'un diamètre de 20 mm ont été construits, de façon à convenir au faisceau circulaire. Le logiciel QUANT 32 a été appliqué à l'identification et au calcul des paramètres de doublets de quartz.

b) Élimination de la poussière

L'élimination de la poussière générée dans les mines de roche dure a fait l'objet d'une étude en laboratoire. Des agents tensio-actifs efficaces comme agents de réduction de la poussière ont été identifiés et une méthode a été mise au point pour en éliminer les effets nuisibles ultérieurs sur le procédé de récupération. Cette méthode utilise du carbone activé pour permettre l'adsorption des agents tensio-actifs, avant la récupération.

La méthode a d'abord été appliquée à un procédé de flottation unique du minerai (minerai de cuivre d'Opemiska), puis à un cas plus difficile comportant un minerai polyvalent (comprenant plusieurs minéraux) exigeant une flottation sélective (minerai de Kid Creek). Même avec une addition excessive de mouillants pour éliminer la poussière, la méthode de l'adsorption sur carbone peut, comme on l'a constaté, éliminer l'effet négatif de l'agent tensio-actif et permettre la flottation.

Des expériences en milieu minier souterrain sont nécessaires, aux fins d'évaluation de l'efficacité des agents tensio-actifs comme agents d'élimination de poussière, et des essais devront être faits au "CPDU" des LSM, pour vérifier la technique de l'adsorption sur carbone, à des fins d'élimination des agents mouillants. Le travail de recherche en laboratoire permettra de poursuivre l'évaluation des caractéristiques d'adsorption sur carbone et d'étudier des voies de rechange pour l'élimination des agents tensio-actifs.

Certaines initiatives ont également été prises dans le but d'étudier les possibilités d'application de ces agents mouillants au contrôle de la poussière dans l'industrie du charbon.

Rapports:

- M.A Cristovici, "Étude visant le contrôle de la poussière en milieu minier au moyen d'agents tensio-actifs et d'une nouvelle méthode pour en neutraliser l'effet négatif sur la flottation" (Investigation to control mine dust using surfactants and a new approach for eliminating their negative effect on flotation); octobre 1986; Rapport de division MSL 86-132 (OP).

- M.A. Cristovici, T. Gilmour, "Étude visant la neutralisation de l'effet négatif sur les résultats de la flottation des agents mouillants utilisés pour éliminer la poussière (minerai d'Opemiska)"(Investigation to eliminate the detrimental effect of dust-suppressing wetting agents on flotation results (Opemiska ore)); avril 1986; Rapport de division MSL 86-65 (IR).

SOUS-ACTIVITÉ: L'EXTRACTION ET LA PRÉPARATION DU CHARBON

Désulfuration du charbon

- **Projet 20.79.01:** Charbons à haute teneur en soufre
  Chef de projet : K.S. Moon

Objectifs:

Contribuer à la mise au point de procédés économiquement rentables d'amélioration des charbons à haute teneur en soufre, de façon à satisfaire aux normes plus strictes s'appliquant aux charbons thermiques et métallurgiques et aux exigences futures concernant la combustion et la transformation du charbon et la protection de l'environnement.

De façon générale, il faudra à l'avenir préparer les charbons destinés à la liquéfaction et à la gazéification de façon à en éliminer les cendres, le soufre et les autres contaminants. La préparation jouera un rôle de plus en plus important dans la production des charbons thermiques. Il faudra en

particulier réduire le taux de soufre des charbons de l'est du Canada, au fur et à mesure que les règlements relatifs à la protection de l'environnement atmosphérique deviennent de plus en plus sévères. À l'avenir, les charbons métallurgiques seront fabriqués à partir de charbons bruts de qualité moindre, ce qui exigera un meilleur traitement du charbon fin et du charbon oxydé. L'élimination des matières indésirables aidera par ailleurs à réduire les frais de transport.

a) Traitement magnétique des charbons canadiens

Les travaux sur l'enrichissement magnétique par voie sèche des charbons canadiens avec les séparateurs superconducteurs et les séparateurs de type classique à gradient élevé, en ce qui concerne les charbons Prince et Lingan (DEVCO), Kipp (Petro Canada) et Crows-Nest, ont été menés à terme, et ont donné des résultats intéressants dans tous les cas. On fait maintenant l'essai d'un séparateur magnétique cryogène à gradient ouvert; à peu près la moitié du travail est fait, et lorsqu'il sera terminé, un rapport détaillé comparant le rendement, l'efficacité et les coûts d'exploitation des diverses machines étudiées, sera rédigé. La conclusion des travaux exécutés à contrat par la Cryogenic Consultants, d'Angleterre, a enregistré un retard notoire.

b) Épuration en profondeur des charbons à haute teneur en soufre

Une étude documentaire sur la pétrographie et la minéralogie des charbons de l'Est a été faite pour appuyer et compléter les travaux sur l'épuration en profondeur de ces charbons par broyage progressif, flottation et séparation magnétique. On a constaté que cette méthode d'enrichissement du charbon, bien que nouvelle, donnait les résultats escomptés, à la lumière des données minéralogiques sur la granulométrie et la libération. Un taux d'élimination des minéraux sulfurés et de la cendre de 95 % a été obtenu, dans le cas des charbons Lingan et Prince, ce qui a donné des charbons contenant moins de 1 % (Lingan) ou de 2 % (Prince) de cendre et de soufre. Un rapport a été rédigé à ce sujet; il doit être publié par l'AIME. Des travaux sur l'épuration finale du charbon Donkin de la DEVCO ont également été faits selon la même méthode. Les produits de charbon finals contenaient 1 % de cendre et 1,5 % de soufre, et enregistraient un rendement thermique de 85 %. Les résultats de ces travaux seront présentés sous peu à la Conférence internationale sur la préparation du charbon.

c) Traitement à sec du charbon (nouveau projet)

Plusieurs charbons canadiens font l'objet d'une préconcentration, à des tailles primaires, au moyen de nouveaux rouleaux magnétiques permanents en terres rares. À peu près la moitié des échantillons éprouvés ont bien réagi au traitement. Les travaux se poursuivent afin de déterminer les principaux paramètres des séparateurs et d'optimiser les résultats. Des études de coût et de capacité seront entreprises dans le but d'identifier les conditions qui génèrent les meilleurs résultats.

d) Flottation en colonne de charbon ultrafin à haute teneur en soufre

Un programme d'essai, dans une colonne de flottation, après broyage ultrafin du charbon avec un broyeur Szego, a été réalisé. Les résultats font actuellement l'objet d'une analyse pour déterminer l'effet de passages répétés dans

le broyeur Szego et dans la colonne de flottation. D'autres études sur diverses conditions de broyage et de flottation seront faites, dans le cadre de contrats de recherche.

e) Biodépression sélective de la pyrite pour la séparer du charbon

La biodépression sélective de la pyrite durant la flottation du charbon a été étudiée, en appliquant un micro-organisme appelé Thiobacillus ferroxidans à des charbons à haute teneur en soufre de l'est du Canada. Les résultats obtenus indiquent que certaines pyrites du charbon réagissent positivement au procédé, alors que d'autres y sont indifférentes. Comme les études faites dans d'autres pays ont donné des résultats semblables, le procédé devra faire l'objet d'études plus poussées avant de faire l'objet d'une application commerciale.

f) Mise au point de "l'analyseur CANMET des diverses formes du soufre"

La mise au point d'un prototype d'analyseur CANMET des diverses formes du soufre, pour le dosage des diverses formes du soufre dans les charbons, se poursuit; l'analyseur est basé sur la méthode mise au point par le CANMET actuellement en instance de brevet.

Contrats:

- Demande 4-9164, "Séparation magnétique par la voie sèche de charbons de l'est du Canada" (Dry magnetic separation of eastern Canadian coal), Cryogenics Consultants Ltd., R.-U. D.S. - G. Mathieu.

- Demande 4-9189, "Biodépression sélective de la pyrite mélangée au charbon pour la séparer du charbon lors de la désulfuration par flottation d'un charbon à haute teneur en soufre" (Selective biodepression of coal-pyrite from coal in flotation desulphurization of high sulphur coals), Conseil de recherches de la Colombie-Britannique. D.S. - K.S. Moon.

- Demande 5-9219, "Mise au point d'un prototype de L'ANALYSEUR CANMET DES DIVERSES FORMES DU SOUFRE" (Development of a prototype CANMET SULPHUR-FORM ANALYSER), Barringer Research Limited. D.S. - K.S. Moon.

Rapports/Publications:

- J.S. Laskowski, M. Bustin, L.L. Sirois et K.S. Moon, "La désulfuration par flottation des charbons à haute teneur en soufre de l'est du Canada" (Desulphuring flotation of eastern canadian high-sulphur coals); Le traitement et l'utilisation des charbons à haute teneur en soufre (Processing and Utilization of High Sulfur Coals); 247-266; 1986.

- K.S. Moon, "Théorie et application industrielle de la flottation en colonne" (Theory and industrial application of column flotation); Rapport de Division MSL 86-166 (IR).

- K.S. Moon, "Analyse de la teneur en charbon pur, au moyen de méthodes thermiques et immédiates, aux fins d'évaluation de la récupération de charbon pur dans un procédé d'épuration du charbon" (Analysis of pure coal content using proximate and thermal analyses for the evaluation of pure coal recovery in a coal cleaning process); Rapport de Division MSL 86-165 (IR).

SOUS-ACTIVITÉ: TRAITEMENT DES MINÉRAUX

Évaluation des minéraux

- **Projet 30.05.01:** Évaluation minéralogique des minerais
  Chef de projet : P.R. Mainwaring

Objectifs:

Promouvoir la mise en valeur des ressources minérales du Canada, y compris celle de divers gîtes minéraux métallifères contenant des gisements importants mais complexes et de faible teneur, et de diverses manifestations minérales connues de l'industrie, par des études et des évaluations détaillées des caractéristiques minéralogiques, de la distribution des éléments précieux et des caractéristiques probables de libération de ces gîtes et par des essais au banc ultérieurs en laboratoire orientés vers l'amélioration de la récupération des minéraux contenus.

a) Une étude de la manifestation et de la récupération de l'or de la minéralisation porteuse de cuivre et de cobalt du gisement de Windy Craggy, situé dans le N.-O. de la Colombie-Britannique, a été menée à terme. La majeure partie de l'or contenue dans l'alimentation peut être récupérée par un procédé de flottation-cyanuration, où un concentré de cuivre est également récupéré par flottation. L'étude a indiqué une récupération possible supérieure à 87 %.

b) La caractérisation minéralogique des minerais difficiles à traiter du type Anvil, du Yukon, a été entreprise. Ce travail visera l'amélioration des connaissances sur le mécanisme d'altération et les graphites du minerai, sur la distribution de l'argent dans les minerais, et sur les effets sur la récupération des métaux contenus. Les premières études métallurgiques en lots, sur ces minerais, indiquent une résistance au broyage fin et les récupérations obtenues ont été faibles. Les études de libération sur l'alimentation broyée et les produits des essais au banc sont en cours, et se font au moyen d'une technique d'analyse par imagerie.

c) Une étude détaillée de la manifestation et de la nature des minéraux du groupe platine associés à la chromite contenue dans la partie inférieure de la zone chromitifère de Bird River Sill, dans le S.-E. du Manitoba, a été entreprise. Les minéraux du groupe platine identifiés à ce jour comprennent des sulfures, des arséniures et des tellurures qui se manifestent principalement sous forme d'inclusions dans les minéraux de silicate et non pas dans la chromite. Ceci constitue un net contraste en regard de la nature et du mode de manifestation des minéraux du groupe platine dans la principale zone chromitifère.

d) Des études minéralogiques de gisements contenant des éléments rares, au Canada, ont été entreprises. Ces gîtes renferment d'importantes quantités d'éléments de ce genre, notamment du béryllium, du zirconium, ainsi que les éléments de terres rares (e.g. Ce, Y, La, Nd, et Sm).

e) L'étude de l'effet de la substitution de l'arsenic au soufre dans la cellule cristallographique de jarosite, sur les pertes d'argent dans les précipités de jarosite, se poursuit. La structure cristalline de la beudantite a été déterminée. La beudantite, $Pb(Fe,Al)_3[(As,S)O_4]_2(OH)_6$, à l'encontre de la plombojarosite, ne présente aucune indication d'une cellule double. Il y a désordre de la position Pb, et de fortes indications que l'emplacement tétraédrique est occupé au hasard par As et S. Les longueurs de la liaison (As,S)-O dans le tétraèdre confirment cette observation. L'importance de ce résultat surprenant, sur la coordination à l'emplacement Pb, où l'argent est susceptible d'être retenu, fait encore l'objet d'étude.

f) Des études minéralogiques détaillées de certains minerais d'or, au moyen de techniques variées comme l'analyse par microsonde à électrons, par microsonde à ions et par Micro-PIXE, ont été entreprises. Ces travaux ont révélé que la microsonde à électrons peut être utilisée pour déterminer des teneurs d'or à l'état de traces (>200 ppm) dans des minéraux sulfurés communs. Une technique d'analyse plus sensible est offerte par la microsonde à ions et une nouvelle méthode d'analyse offrant une sensibilité de <1 ppm a été mise au point à "Surface Science Western".

Contrats:

- Demandes 5-9209 et 5-9210 EEM, "Gîte de Point Leamington, à Terre-Neuve, Étape I - Échantillonnage, et Étape II - Minéralogie et essais métallurgiques" (Pt. Leamington deposit, Nfld, Phase I - sampling and Phase II - mineralogy and metallurgical testing), Centre de recherche de la Noranda. D.S. - J.L. Jambor.

- Demande 5-9216, "Échantillonnage et analyse de gîtes de manganèse du Nouveau-Brunswick" (Sampling and analysis of New Brunswick manganese deposits), Atlantic Analytical Services. D.S. - G.M. Ritcey.

- Demande 5-9217, "Évaluation d'options applicables au traitement de gîtes minéraux de manganèse du Nouveau-Brunswick" (Evaluation of options for treating New Brunswick manganese mineral deposits), Witteck Development Inc. D.S. - G.M. Ritcey.

- Demande 6-9056 EEM, "Quartzite du lac Wabush, au Labrador" (Wabush Lake, Labrador quartzite), Golder Associates. D.S. - R.K. Collings.

Rapports:

- J.H. Jambor, "Examen minéralogique détaillé de produits d'altération de la carotte WA-20 provenant des résidus de Waite Amulet" (Detailed mineralogical examination of alteration products in core WA-20 from Waite Amulet tailings); Rapport de division MSL 86-137 (IR).

- J.M.D. Wilson, "Un examen minéralogique d'un échantillon de calcite provenant de la Chromasco, à Haley (Ontario)" (A mineralogical examination of a calcite sample from Chromasco, Haley, Ontario); Rapport de division MSL 86-8 (CR).

- J.M.D. Wilson, "Une étude des manifestations d'or dans les produits des essais faits à Alberts Lake" (An investigation of gold occurences in Alberts Lake test products); Rapport de division MSL 86-25 (CR).

- J.M.D. Wilson, W. Petruk, "Étude minéralogique de trois échantillons de ferrosilicium provenant de la Chromasco, à Haley (Ontario)" (Mineralogical investigation of three ferrosilicon samples from Chromasco, Haley, Ontario); Rapport de division MSL 86-8 (CR).

Enrichissement - Minéraux métalliques

• **Projet 30.13.01:** Simulation d'installation de traitement des minéraux (SPOC)
Chef de projet : D. Laguitton

Objectifs:

Assurer le transfert de la technologie nécessaire à l'amélioration de la récupération et de la valeur des minéraux produits par le traitement des minerais canadiens, en appliquant la modélisation et la simulation des procédés minéralurgiques et énergétiques, en fournissant à l'industrie minérale une méthode informatisée d'utilisation facile applicable à l'évaluation et à l'optimisation des circuits de traitement.

Rapports:

En 1986-1987, les activités ont été axées sur deux secteurs:

1. L'exploitation sur micro-ordinateur du logiciel SPOC;

2. La structuration et le démarrage des activités post-SPOC, au CANMET.

La conversion initiale du logiciel SPOC, utilisé sur gros ordinateurs, pour utilisation sur micro-ordinateurs du type ordinateur personnel d'IBM (IBM-PC), avait été faite en 1985 dans le but de faciliter le transfert du programme source à l'industrie minéralurgique, qui avait en règle générale adopté ce micro-ordinateur comme appareil pseudo-standard. Plusieurs caractéristiques incluses au départ dans la version pour gros ordinateurs, étaient soit inutiles soit trop encombrantes dans la version pour micro-ordinateurs, où la mémoire ne constitue plus une contrainte, mais où la vitesse demeure toujours un problème. La mise à jour la plus récente du programme a tenu compte de cette situation et elle comprend un certain nombre de caractéristiques destinées à en faciliter l'utilisation, et applicables spécifiquement à un contexte d'utilisation d'ordinateur personnel: l'édition des fichiers sur plein écran, la représentation graphique, l'utilisation de codes couleurs et d'autres avantages. La simulation d'un circuit de traitement minéralurgique peut être entreprise en dessinant le réseau de traitement à l'écran, à partir d'une liste de modules disponibles choisis et mis en place par l'utilisateur. La numérotation des éléments du réseau est faite automatiquement par le logiciel, et la matrice de raccordement du réseau correspondant au schéma exprimé est

également générée de façon automatique, ce qui élimine le fastidieux travail d'entrée de données par l'utilisateur et permet l'exécution de la simulation à partir d'une entrée de données sous forme graphique.

La version du logiciel pour micro-ordinateur a été mise à jour pour être compatible avec la version 3.31 du compilateur MS-DOS FORTRAN. La diffusion du logiciel et des manuels s'est poursuivie à un rythme accru et vers la fin de 1986 plus de 120 organismes, au total, à l'échelle du globe, avaient reçu le bloc méthodologique SPOC, commandé au CANMET.

Les activités de R-D de la période post-SPOC ont été structurées et entreprises. Il s'agit d'un projet à trois volets connu sous le nom de CAMP (pour Computer Aided Mineral Processing - Traitement des minéraux assisté par ordinateur). Le volet lié à SPOC poursuivra la mise à jour des divers programmes de simulation, tout particulièrement pour ce qui regarde le bilan matière des circuits de lixiviation et les variables économiques des programmes de simulation. Un deuxième secteur d'activité a reçu l'étiquette SPEX (pour Simulation of Process Expertise - Simulation d'expertise de traitement). Il s'agit de la mise au point d'une méthodologie de système spécialisé destinée à l'industrie minéralurgique. Un système expert, ou spécialisé, est un bloc de logiciels qui simule le cheminement logique heuristique d'un spécialiste en un domaine, en utilisant une base de connaissances où sont consignés les règles et les faits propres à ce champ particulier d'expertise ou de spécialisation. Deux contrats ont été accordés pour la réalisation d'études de prototype, l'une dans un contexte d'affinerie de zinc (Canada Electrolytic Zinc/Lavalin) et l'autre, dans un contexte de fabrication de ciment (Ciments Canada Lafarge Ltée). L'objectif visé est l'expérimentation tant de coquilles de systèmes spécialisés disponibles sur le marché, que de techniques d'acquisition de connaissances en génie, afin de saisir l'art minéralurgique et de compléter les systèmes de simulation mis au point dans le cadre de SPOC, qui contiennent la science minéralurgique.

Le troisième volet, appelé REX (pour Real-Time Expertise - Expertise en temps réel) comprendra la mise au point d'instruments, sous forme de logiciels de maîtrise des procédés, à partir de SPOC et de SPEX. Aucune activité formelle n'a encore été entreprise dans ce secteur.

Contrats:

- Demande 6-9137, "Application pilote de la technologie des systèmes spécialisés, à la maîtrise des procédés" (Pilot application of expert system technology to process control), Cosigma Lavalin Inc. D.S. - D. Laguitton.

- Demande 6-9149/01-SQ, "Mise au point d'un prototype de système spécialisé dans un circuit de broyage" (Development of a prototype expert system in a grinding circuit). Ciments Canada Lafarge Ltée. D.S. - D. Laguitton.

Rapports:

- D. Laguitton (éditeur), Manuel du SPOC SP85-1/18 Titres distincts énumérés dans le Rapport annuel de 1985-1986 des MSL.

D. Laguitton, "Application de la nouvelle technologie informatique à la R-D en minéralurgie au CANMET" (New computer technology finds applications in mineral processing R&D at CANMET); Rapport de division MSL 87-1 (OP&J).

• **Projet 30.13.02:** Traitement du minerai de fer
Chef de projet : W.H. Cameron

Objectifs:

Maintenir la viabilité et la position concurrentielle de l'industrie canadienne du minerai de fer en procédant à l'identification et à l'étude de méthodes qui permettront une récupération accrue, une amélioration de la qualité et de la teneur des concentrés et des boulettes de minerai de fer, la réduction des dépenses au poste de l'énergie, le perfectionnement de la maîtrise des procédés et la réduction des répercussions d'ordre environnemental.

Il est devenu de plus en plus évident que, dans un marché d'acheteurs, le Canada ne peut plus prendre pour acquis qu'il pourra toujours faire face à la concurrence internationale. En effet, en raison des coûts élevés de la main-d'oeuvre et de l'énergie, l'utilisation des boulettes est moins rentable que celle des produits frittés pour alimenter les hauts fourneaux. L'industrie canadienne du minerai de fer se retrouve donc dans une position, sur le plan de la concurrence, beaucoup moins favorable que par le passé. Il faut donc accroître les taux d'extraction, réduire les coûts énergétiques et améliorer la qualité des produits et l'efficacité des procédés.

a) Boulettes extrudées à froid

Comme cette méthode a donné de bons résultats avec des concentrés du Mont Wright, de la société minière Québec Cartier, on a décidé de faire un essai avec un concentré provenant d'une autre mine, dans le but de produire des caractéristiques physiques plus uniformes dans les boulettes vertes. Les travaux portant sur le concentré de minerai de fer de Carol Lake, en utilisant des polymères et du carbonate de calcium comme plastifiant et liant, ont été menés à terme. La résistance des boulettes durcies était inférieure à la norme de l'ISO. Toutefois, lorsque le minerai est grillé à une température comprise entre 750 et 850°C, pour convertir la magnétite contenue dans le minerai en hématite, on enregistre une nette amélioration de la résistance des briquettes durcies (de 2 à 4 fois), ce qui est plus que suffisant pour respecter la norme.

b) Production de boulettes par liaison inorganique à froid

Si ce projet réussit, les boulettes produites par ce procédé pourront être expédiées sous la forme de boulettes vertes, sans être durcies, ce qui se traduira par d'importantes économies au poste de l'énergie. En présence d'anhydride carbonique, l'hydrate de calcium contenu dans le minerai de fer réagit pour former un carbonate basique agissant comme liant pour les fines de minerai de fer. On croit que la faible résistance des boulettes faites à partir du concentré de Carol Lake est attribuable à la fine granulation de la matière qui empêche la pénétration complète de l'anhydride carbonique à l'intérieur des boulettes. Les travaux futurs porteront sur les fines de frittage qui entrent dans le mélange, pour modifier la distribution granulométrique, et ainsi améliorer la perméabilité et la porosité.

c) Agglomération du minerai de fer en utilisant des polymères comme liants

Dans une tentative pour réduire la teneur en silice des boulettes, et en raison du coût élevé de la bentonite, des expériences avec d'autres liants

sont actuellement en cours. D'excellentes caractéristiques physiques ont été obtenues dans des boulettes faites à partir de minerai du Mont Wright de la société minière Québec Cartier, en ajoutant une quantité variant entre 0,1 et 0,4 % au poids, de liants organiques comme la méthycellulose, la cellulose d'hydroxyéthyle et la cellulose de carboxy méthyle et l'alginate.

d) Récupération du fer contenu dans les dépôts de spirale

Une amélioration de 1 % de la récupération unitaire du fer peut générer des bénéfices de 6 millions de dollars pour une installation de minerai de fer. Il est donc important de tenter de récupérer des unités de fer additionnelles, évacuées dans les résidus. Ce travail a été retardé en raison de la livraison tardive d'une nouvelle pompe et des modifications requises à un puisard. Les études préliminaires faites au moyen d'une spirale MDS #7 ne semblent pas très prometteuses pour ce qui regarde la qualité et la récupération du minerai. Comme presque 60 % du fer est trouvé dans la fraction de -0,01 cm, on a décidé de procéder au tamisage des résidus, à cette taille, et de recourir à la floculation sélective, suivie d'une flottation amine inversée. Comme ce minerai a également une forte teneur en manganèse, on espère que celui-ci sera également entraîné par flottation avec les minéraux de gangue.

e) Prévision de la récupération du fer dans les copeaux d'abattage par trous de mine

Cette pratique est généralisée dans toutes les mines. Les méthodes actuellement en usage sont toutefois lentes et fastidieuses et certaines d'entre elles comportent même des dangers pour la santé. La mise au point d'une méthode plus rapide et plus sûre constitue donc une grande priorité pour l'industrie. Diverses méthodes de séparation et de sédimentation ont été essayées sans beaucoup de succès. Suite à l'acquisition récente d'un séparateur de laboratoire Mozley, les expériences se poursuivront dans le but d'améliorer les prévisions.

f) Concentrés qui perdent leur eau

Ce phénomène se produit dans le cas de certains concentrés, lors de l'expédition, avec le résultat que la cale du cargo ne contient plus qu'une boue invendable. Une recherche bibliographique est en cours et des expériences ont été faites en utilisant des agents tensio-actifs et des agents retenant l'eau. On a fait des essais avec de la bentonite et avec de la mousse de tourbe, comme agents de rétention, et c'est la mousse de tourbe qui semble la plus prometteuse. Les travaux se poursuivent.

g) Amélioration de l'eau recyclée

L'eau de la surverse de l'épaississeur est utilisée comme eau de charge dans un concentrateur, mais, tout particulièrement durant certaines périodes de l'année, cette eau n'est pas de bonne qualité, ce qui crée des problèmes dans tous les circuits. Un examen minéralogique d'échantillons d'eau a été fait, et cet examen a été suivi par des expériences avec des polymères cationiques, anioniques et non ioniques. Les taux de sédimentation ont été nettement améliorés, dans une proportion de deux à quatorze fois, et la quantité d'eau de surverse a été accrue dans une proportion atteignant 30 %. Ce résultat a été obtenu grâce à l'utilisation d'un floculant anionique, avec des ajouts aussi faibles que 85 mg/tonne.

h) Autres activités

Deux réunions du Comité du Groupe de travail technique sur le minerai de fer ont eu lieu, l'une à Wabush, au Labrador, le 23 septembre 1986, et l'autre à Ottawa, le 23 janvier 1987, pour discuter de problèmes communs dans l'industrie.

Contrats:

- Demande 4-9181, "Étude comparée du contrôle de qualité géostatistique et de la méthode classique - traitement du minerai de fer" (Comparative study of geostatistical grade control and classical approach - iron ore processing), Geostat Systems Int. Inc. D.S. - W.H. Cameron.

- Demande 4-9316 EEM, "Mise au point d'un liant acceptable sur les plans techniques et économiques pour remplacer la bentonite, pour utilisation avec les concentrés de Carol Lake" (Development of a technically and economically acceptable substitute binder for bentonite for use with Carol Lake concentrate". D.S. - M.D. Wilson.

- Demande 5-9196 EEM, "Accroissement de la récupération du minerai de fer" (Increase of iron ore recovery). D.S. - M. Stefanski.

- Demande 6-9145 EEM, "L'amélioration de la récupération du minerai de fer à la mine Scully, au Labrador, Étapes II et III" (To improve iron ore recovery at the Scully Mine, Labrador, Phase II and III). D.S. - M. Stefansky.

- Demande 6-9171 EEM, "Évaluation du gîte de magnétite de Bass River, en Nouvelle-Écosse, pour la Lodestone Limited" (Evaluation of the Bass River Nova Scotia magnetite deposit for Lodestone Limited). D.S. - W.H. Cameron.

- Demande 6-9187 EEM, "Liants de minerai de fer, Partie 2" (Iron ore binders, Part 2). D.S. - J.M.D. Wilson.

Rapports:

- W.H. Cameron, "Courbes densimétriques et divisionnaires, minerai de l'Algoma" (Algoma ore division - densimetric curves); Rapport de division MSL 86-1 (CR).

- A.K. Kuriakose et D.H.H. Quon, "Extrusion et durcissement du concentré de Carol Lake au moyen de liants de polymères et de carbonate de calcium" (Extrusion and induration of Carol Lake concentrate using polymers and calcium carbonate for bonding); Rapport de division MSL 86-136 (IR).

- A.K. Kuriakose, D.H.H. Quon, K.E. Bell et J.A. Soles, "Extrusion et durcissement du minerai de fer au moyen de polymères et de carbonate de calcium comme plastifiant/liant" (Extrusion and induration of iron ore using polymers and calcium carbonate as plastisizer/bond); Rapport de division MSL 86-13 (OP&J).

- M. Silver, V. Sanmugasunderam et R.G.L. McCready, "Le rôle joué par les bactéries dans la formation des dépôts organiques qui se forment sur les spirales des concentrateurs de l'installation du Mont Wright, de la société

minière Québec Cartier" (The role of bacteria in the formation of organic deposits on the spiral concentrators of the Mount Wright Plant, Quebec Cartier Mining Company); Rapport de division MSL 86-152 (OP&J).

- **Projet 30.13.03:** Conception, mise au point, évaluation et mise en service du matériel scientifique
  Chef de projet : A.I. Stemerowicz

Objectifs:

Concevoir et fabriquer le matériel d'installation expérimentale de traitement en continu (IETC) qui n'est pas disponible sur le marché, et en faire l'essai; mettre à l'épreuve des appareils de traitement des minéraux, en évaluer le rendement, et le comparer à celui d'autres appareils; et mettre en service d'autres appareils scientifiques achetés pour les laboratoires de CANMET.

a) Broyeur de minéraux industriels

Dans la mesure où il s'applique au broyeur de minéraux industriels, ce projet est réalisé conjointement avec d'autres projets de recherche et de développement. Les appareils suivants ont été évalués et mis en service:

i) Sédigraphe 5000D Micromeritics

Cet appareil fonctionne maintenant complètement et peut donner de bons résultats avec des échantillons de minéraux simples ou avec des échantillons comportant plusieurs minéraux, à condition que le préposé soit soigneux. Cet appareil est sensible aux grands écarts densimétriques des minéraux qui constituent les échantillons, y compris les minéraux magnétiques.

ii) Classificateur à air Walther

Divers constituants de l'appareil ont été modifiés afin de réduire la contamination et d'améliorer la régularité du débit d'air.

iii) Classificateur Zig-Zag

Cet appareil fonctionne, maintenant, et il peut faire des séparations en fonction de la granulométrie et de la densimétrie des particules minérales constituantes. On a constaté que l'efficacité de la séparation suit la loi de Stoke plutôt qu'un rapport d'écoulement turbulent, et, pour ce motif, l'appareil est utile pour séparer des minéraux surtout lorsque la forme de fractionnement d'un minéral est irrégulière (i.e. amiante, mica). En raison de sa gaine étanche, cet appareil se prête bien au traitement des échantillons minéraux fins, poussiéreux ou dangereux.

b) Minéralogie

i) Diffractomètre à poudre automatisé

Un nouveau diffractomètre à poudre automatisé Rigaku (DPA) a été mis en service au Laboratoire à rayons X, pièce 222, au 555, rue Booth; cet appareil est alimenté par un générateur de rayons X à anode tournante de 12kW et il comporte tant un diffractomètre à poudre normalisé qu'un micro-diffractomètre

qui permet l'examen de très petits spécimens. L'exploitation de certains éléments du logiciel présente encore certains problèmes, mais lorsque l'appareil aura été mis au point, il permettra d'effectuer un grand nombre d'analyses qualitatives et quantitatives par diffraction de la poudre aux rayons X. L'appareil DPA est doté d'un changeur d'échantillon qui permet l'examen séquentiel d'un nombre d'échantillons pouvant atteindre 43. La commande de l'appareil se fait au moyen d'un micro-ordinateur PDP11/73, doté d'un disque de 30 mégaoctets, sur lequel est consignée la bibliothèque de diffraction des poudres du Comité mixte de normalisation de la diffraction des poudres (CMNDP), à des fins d'identification des phases. Le poste de travail comprend un terminal couleur Tektronix 4106A, avec un traceur à jets d'encre Tektronix 4695. Divers profil de diffraction de poudre peuvent être examinés simultanément et des étapes correspondantes tirées de la bibliothèque du CMNDP ou d'une bibliothèque constituée par l'utilisateur, peuvent être reproduits, sous forme de tracé, sur le profil des poudres à rayons X, dans une représentation pouvant comporter jusqu'à cinq couleurs.

ii) Micro-sonde à proton

La collaboration relative à la mise au point de la première micro-sonde à proton au Canada, à l'Université de Guelph, s'est poursuivie, avec succès, au cours de l'année. Toutes les pièces nécessaires ont été conçues et commandées, et elles sont actuellement en voie d'être fabriquées ou près d'être parachevées (les éléments magnétiques pour l'orientation du faisceau, les dispositifs de commande électroniques, la chambre cible y compris le porte-échantillon, les lentilles de la micro-sonde et les dispositifs de partage). Les premiers essais devraient pouvoir être faits à l'automne, du moins l'espère-t-on.

Contrats:

- Demande 5-9230 EEM, "Évaluation du matériel et des procédés utilisés pour les prélèvements d'échantillons de gisements placériens sous-marins, par de petits navires de pêche" (Evaluation of equipment and processes to sample offshore placer deposits from small fishing vessels). Le projet a été mené à terme et les données font l'objet d'une analyse, qui sera suivie d'un "RFP", pour l'Étape 3, au cours de laquelle un programme et un mécanisme d'échantillonnage devraient être élaborés. D.S. - D.M. Doyle.

- **Projet 30.13.04:** Techniques améliorées pour la récupération de l'étain et des particules fines
  Chef de projet : M.A. Cristovici

Objectifs:

Étudier les méthodes susceptibles d'améliorer la récupération des particules minérales fines et de mettre au point des méthodes visant l'amélioration de la récupération de l'étain dans les stériles de flottation de sulfures de métal commun.

a) Floculation sélective du minerai de tantale

Un échantillon de minerai de tantale a été choisi pour étudier la possibilité d'une séparation des particules minérales fines par floculation sélective.

Une fois les déterminations physico-chimiques faites, pour caractériser la minéralisation et la distribution granulométrique, des recherches ont été entreprises pour évaluer les conditions régissant la séparation des minéraux par la floculation sélective.

Les constituants minéralogiques suivants du minerai ont été isolés: woolginite et microlite (deux oxydes de tantale), cassitérite (oxyde d'étain) et minéraux de gangue (feldspath et quartz). Pour réaliser la floculation sélective, l'hétérocoagulation de ces minéraux doit être évitée et la stabilisation maximale des minéraux en suspension doit être réalisée. Pour étudier les conditions menant à une suspension stable, des déterminations du potentiel Zêta ont été faites pour diverses valeurs du pH. Ces essais ont été faits pour chaque groupe minéral, tant considéré isolément qu'en présence de matières surnageantes contenant les autres espèces dissoutes. On peut constater, à la Figure 1, qu'une suspension stable peut être obtenue à des pH supérieurs à 10, lorsque le potentiel Zêta de ces particules est du même signe et que l'écart entre les charges électriques du tantale-cassitérite et des minéraux de gangue a tendance à s'accroître.

Les travaux se poursuivent et on procède actuellement au choix d'agents de dispersion qui amélioreront la stabilité de la suspension. La floculation sélective sera ensuite tentée, en utilisant divers floculants.

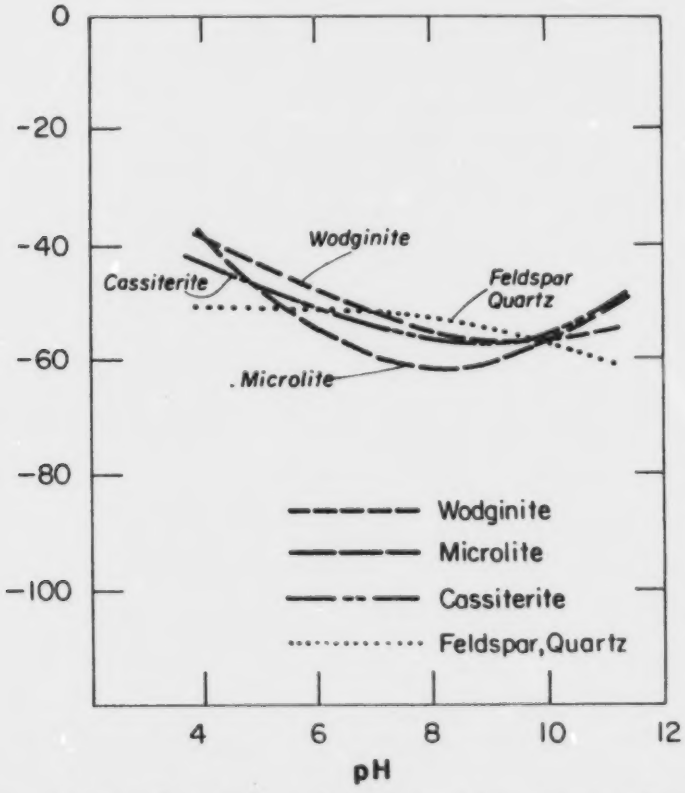


Figure 1. Potentiel Zêta des minéraux en présence d'espèces dissoutes

b) Flottation aux micro-bulles

Quelques essais de flottation ont été faits sur la partie moins 0,2 cm d'un minerai (de cuivre) sulfuré massif finement broyé, en utilisant un générateur de micro-mousse du type à venturi, comme dispositif de flottation. Les résultats ont été négatifs; les taux de flottation étaient trop bas. Même si un fin nuage de bulles de moins de 50 µm de diamètre a été produit, on a constaté une forte coalescence des bulles au point que la flottation finale était constituée de bulles de taille normale (d'environ ± 2 à - 10 mm de diamètre). Ainsi, l'avantage présenté par la grande surface surélevée offerte par les petites bulles n'a pu être exploité. Les calculs ont révélé qu'une bulle d'air de 50 µm entièrement armée de 5 µm de chalcopyrite aurait la même densité que l'eau et ne serait donc pas assez légère pour assurer une flottation efficace. Le résultat enregistré a été une tendance à l'agglomération des petites bulles jusqu'à ce que la bulle armée, beaucoup plus grosse, soit assez légère pour flotter. À partir de ces observations, on a conclu que la flottation aux micro-bulles ne serait appropriée que dans le cas des particules inférieures à 5 µm.

c) Réduction du SnO_2 en étain à la surface de la cassitérite

L'objectif recherché est de rendre la cassitérite non réfractaire à la récupération par flottation en utilisant des collecteurs de sulfure, le xanthate d'amyle par exemple. On a d'abord établi que le xanthate d'amyle est un collecteur efficace pour la poudre d'étain métallique fine. Deux méthodes de réduction de l'étain ont ensuite été éprouvées avec un concentré d'étain obtenu par gravité, de Kidd Creek: i) la réduction cathodique dans une solution HCl en utilisant du zinc métallique comme anode; ii) la réduction au moyen d'hydrogène natif produit par électrolyse dans une cellule d'électro-flottation. Les résultats ont été négatifs, si on en juge par l'absence de réaction de la cassitérite à la flottation. L'échec de la méthode i) est attribué au fait que la cassitérite de Kidd Creek n'est pas un semi-conducteur alors que la méthode ii) requiert probablement des températures élevées. Lors des essais, on a constaté que les électrodes ne produisaient pas une quantité suffisante de gaz hydrogène pour soutenir des taux de flottation normaux. Il faudra donc concevoir une nouvelle cellule d'électro-flottation, qui ait une surface d'électrode nettement plus grande et qui soit fabriquée en un plastique pouvant résister à la température d'ébullition de l'eau (la cellule actuelle est fabriquée en matière acrylique).

d) Flottation de l'étain en utilisant de nouveaux réactifs

Des travaux d'essai ont été entrepris afin de récupérer les minéraux d'étain contenus dans les résidus de Kidd Creek, en utilisant de nouveaux réactifs et une cellule de flottation de Nagahm. Avant d'entreprendre la flottation de l'étain, des expériences ont été faites pour extraire les minéraux sulfurés présents dans les résidus, principalement de la pyrite et de la sphalérite. Plus de 70 % des sulfures ont été extraits par la flottation des résidus, tels que reçus, en utilisant une cellule de Denver classique. Puis, le minerai a été broyé dans une proportion de presque 100 % à -38 µm et le reste des sulfures a été entraîné par flottation dans la cellule de Nagahm.

La cellule de flottation de Nagahm (Figure 2) comporte un rotor de forme spéciale qui produit une agitation intense et libère une importante quantité de fines bulles d'air, bien dispersées dans la pulpe.

La récupération des sulfures a été réalisée et des travaux de recherche sont maintenant en cours pour récupérer les minéraux d'étain. Parmi les réactifs qu'on prévoit utiliser, il y a un agent dispersion (le proestaminol, produit par la Stockhousen) et un acide amino-phosphonique (Briquert, produit par la Albright and Wilson House).

Contrats:

- Demande 5-9030 EEM, "Mise au point de techniques d'enrichissement de minéral par réduction de S et réalisation d'essais sur l'émission de S, à la fonderie de l'Inco de Thompson, au Manitoba" (To develop S reducing mineral beneficiation techniques and perform S emission tests at Inco Smelter, Thompson, Manitoba), Inco Ltd. D.S. - W. Craigen.
- Demande 6-9012 EEM, "Flottation en colonne - épuration de concentré d'épuisement et de dégrossissage de zinc" (Column flotation - cleaning of zinc rougher and scavenger concentrate), Sherritt Gordon Co. D.S. - K.S. Moon.
- Demande 6-9062 "Caractérisation et application de nouveaux agents déprimants organiques pour la flottation sélective des minerais sulfurés", (Characterization and application of new organic depressants for the selective flotation of sulphide ores), Lakefield Research. D.S. - A.I. Stemerowicz.

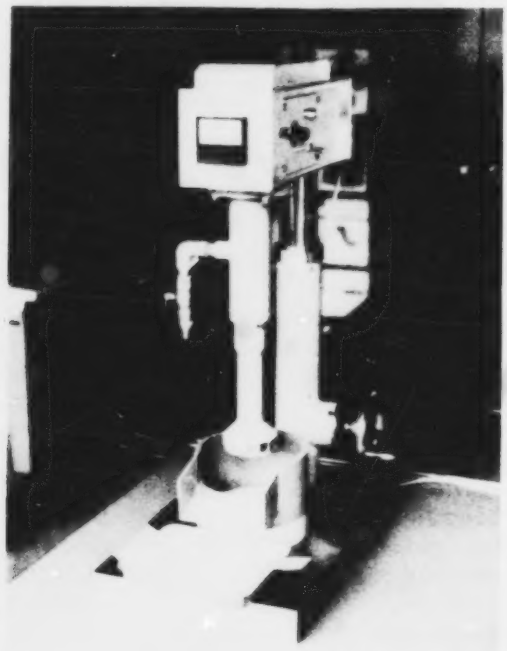


Figure 2. Cellule de flottation de Nagahm

• **Projet 30.13.05:** Modèles de libération/flottation
Chef de projet : W. Petruk

Objectifs:

Élaborer un modèle qui permette de prévoir la libération des minéraux réalisables pour divers degrés de broyage et divers types de minerai et intégrer ce modèle de prévision aux modèles de broyage et de flottation élaborés au CANMET dans le cadre du programme SPOC. Plusieurs modèles de libération basés sur la distribution granulométrique des minéraux, dans des minerais non

broyés, ont été proposés, mais, dans plusieurs cas, la libération effectivement observée ne correspond pas à celle qui était attendue. Il faudra donc déterminer les caractéristiques fondamentales qui influencent la libération avant de pouvoir élaborer un modèle.

On a constaté durant les premiers stades de l'étude qu'en utilisant le modèle de libération de Finch et Petruk (1984), on observe une étroite corrélation entre les libérations observée et prévue, de la sphalérite des minerais de métaux communs (Petruk, 1987), mais ceci ne se vérifie pas dans le cas de la chalcopyrite et de la galène. Les travaux ultérieurs ont indiqué que ce phénomène est attribuable au fait que la sphalérite contenue dans le minerai éprouvé se présente en grande partie sous la forme de grains distincts, et sa libération peut donc être prévue en utilisant la distribution granulométrique de la sphalérite contenue dans le minerai non broyé. Par ailleurs, la chalcopyrite et la galène se trouvent principalement dans des interstices, dans la pyrite; leur libération est donc régie par la fragmentation de la pyrite.

Une étude a été faite 1) en déterminant les distributions granulométriques de la pyrite, de la sphalérite, de la galène et de la chalcopyrite dans un minerai de métal commun non fragmenté, 2) en broyant du minerai durant des périodes différentes, et 3) en déterminant les caractéristiques de libération et les distributions granulométriques des particules dans les produits broyés. On a constaté que l'analyse granulométrique, avec un broyage de 15 minutes, correspond à la distribution granulométrique de la pyrite dans le minerai. Les ruptures dans les courbes d'analyse granulométrique, avec des broyages de 30, 45, 60 et 90 minutes, correspondent à des changements de textures dans la pyrite, définis par une technique d'analyse du périmètre/érosion, au moyen de l'analyseur d'image. La texture, définie par l'analyse du périmètre/érosion, des minéraux interstitiels contenus dans la pyrite correspond à la texture de la pyrite. La libération des minéraux interstitiels se produit lorsque les textures de la pyrite sont détruites par le broyage.

Les constatations ont été corroborées par l'exploitation d'un concentrateur avec un minerai de métal commun. On a constaté que l'analyse granulométrique de l'alimentation de la flottation correspond étroitement à la distribution granulométrique de la pyrite dans le minerai non fragmenté (équivalant à un broyage de 15 minutes). Ceci indique que le minerai a tendance à casser le long des zones de faiblesse et le long des limites des grains de pyrite, et qu'il atteint un équilibre lorsque les limites des grains de pyrite faiblement cémentés sont fragmentées. Les minéralurgistes ont tendance à broyer un minerai jusqu'à ce que cet équilibre soit réalisé. À ce stade, les interstices inter-reliés dans la pyrite ont été détruits, et les minéraux interstitiels sont ou libérés, ou attachés à la pyrite sous forme de mixtes. Un broyage plus poussé brisera les mixtes de la pyrite et séparera les grains de pyrite modérément cémentés (équivalant à des broyages de 30 à 60 minutes). La quantité d'énergie requise pour faire ce broyage est grande en regard de la libération additionnelle réalisée. Un broyage plus poussé (équivalant à un broyage de 90 minutes) produit une rupture des grains mais ne permet pas d'obtenir une réduction de taille ou une libération très importante.

Contrats:
- Demande 4-9232 EEM, "Études minéralogiques de gisements de potasse" (Mineralogical studies of potash deposits), Conseil de recherche sur la productivité du Nouveau-Brunswick. D.S. - W. Petruk.

- Demande 4-9235 EEM, "Déterminer les caracatéristiques minéralogiques qui influencent le comportement du cuivre, du zinc, du plomb, de l'argent et de l'or dans des concentrés de cuivre, de zinc et de plomb de minerais de Cu/Zn/Pb, du Manitoba, Étape la) Caractéristiques minéralogiques du minerai de Trout Lake; Étape lb) Comportement du minerai de Trout Lake lors de l'enrichissement" (To determine mineralogical characteristics that affect the behaviour of copper, zinc, lead, silver and gold in copper, zinc and lead concentrates from Cu/Zn/Pb ores in Manitoba, Phase (la) Mineralogical characteristics of Trout Lake ore, Phase (lb) Behaviour of Trout Lake ore during beneficiation), Hudson Bay Mining and Smelting Co. D.S. - W. Petruk.

Publications:

- J.A. Finch et W. Petruk, "Mise à l'épreuve d'une solution au modèle de libération de King" (Testing a solution to King liberation model); Int J Mineral Processing 12:305-311; 1984.

- W. Petruk, "La prévision des libérations minérales dans les minerais et les produits minéralurgiques et l'effet des textures minérales et des méthodes de broyage sur la libération des minéraux" (Predicting mineral liberations in ores and mill products and effect of mineral textures and grinding methods on mineral liberation); (Process Mineralogy VI, AIME, New York; 1987.

Enrichissement - Minéraux industriels

- **Projet 30.21.01:** Économie de l'énergie dans le traitement des minéraux industriels
  Chef de projet : F.R. Campbell

Objectifs:

Améliorer le rendement énergétique des installations industrielles existantes et mettre au point des techniques pour réduire la quantité d'énergie par unité de production dans le secteur des minéraux industriels.

Les coûts de l'énergie comme facteur de production sont plus élevés dans le secteur des minéraux industriels que dans n'importe quel autre; et ces coûts y sont presque quatre fois plus élevés que la moyenne enregistrée dans le secteur de la fabrication pris dans son ensemble. Dans certaines industries, notamment dans celles du ciment, de la chaux et du gypse, le coût de l'énergie peut même représenter la moitié des coûts de production. Bien que la situation se soit un peu améliorée depuis l'époque du pétrole à bon marché, pour aller plus loin, il faut concevoir de meilleurs appareils, modifier les procédés, utiliser de nouvelles sources d'énergie, trouver des produits de remplacement nécessitant moins d'énergie et optimiser les flux d'énergie. Pour ce faire, il faut entreprendre des activités de recherche et de développement afin d'optimiser les conditions de traitement.

Ce projet comporte des travaux dans trois grands domaines: a) comminution, b) cuisson des produits argileux, et c) utilisation constituants secondaires de cimentation dans le béton.

Le soutien nécessaire à la réalisation du projet vient dans une large mesure du programme de recherche et de développement sur l'énergie du gouvernement fédéral, sous l'égide du Groupe de recherche et de développement sur l'énergie. La majeure partie des travaux sont effectués par des entrepreneurs, en vertu de contrats, mais une partie de ceux qui se rapportent à l'utilisation des constituants secondaires de cimentation dans le béton, pour lesquels on doit se servir de laitiers ferreux et non ferreux, sont effectués à l'interne.

a) Comminution

La réduction de la grosseur des particules des matières extraites pour répondre aux exigences du traitement ou de l'utilisation finale est l'étape qui demande le plus d'énergie dans le traitement de plusieurs minéraux industriels. Il est possible de réduire la quantité d'énergie nécessaire à cette fin, et donc les coûts, par l'application de techniques de broyage améliorées et par un contrôle plus serré du degré de broyage.

Les premières étapes de ce projet ont permis de créer une base de données sur les méthodes de comminution actuellement utilisées pour dix minéraux industriels communs, ainsi qu'une méthode de surveillance pour contrôler les circuits de comminution. L'Étape III, qui a débuté en 1985-1986, devrait permettre l'élaboration, à la lumière d'essais en installations pilotes, d'un devis détaillé des exigences techniques applicables à l'adoption de techniques de comminution de pointe dans l'industrie minéralurgique canadienne. Cette étape sera terminée en 1988 et elle sera suivie d'une démonstration, probablement dans une cimenterie.

Le projet comprend les éléments suivants:

i) évaluation de classificateurs;
ii) utilisation d'aides de broyage;
iii) utilisation d'analyseurs granulométriques en cours d'exploitation;
iv) comminution humide de l'amiante;
v) broyage autogène du quartzite;
vi) comminution du mica.

Les quatre premiers sont maintenant achevés. Les résultats indiquent que les classificateurs, l'analyse granulométrique en cours d'exploitation et les aides au broyage pourraient nettement réduire le coût de l'énergie utilisée pour la comminution et améliorer le rendement dans des proportions pouvant atteindre 100 % dans certaines installations minéralurgiques industrielles.

b) Cuisson des produits argileux

La cuisson des produits argileux est un procédé industriel qui doit se faire à des températures très élevées et qui nécessite donc beaucoup d'énergie. Des améliorations qui permettraient d'accroître l'efficacité thermique de ce procédé ou de réduire les températures ou les durées de cuisson pourraient entraîner des économies d'énergie appréciables.

L'utilisation d'épurateurs pour contrôler les émissions de fluorure des fours existants réduit le rendement thermique du procédé de chauffage des fours.

La première étape de cette étude a permis de déterminer divers programmes de cuisson et divers additifs, susceptibles de réduire les émissions de fluorure, sans épurateurs. Toutefois, lors d'essais avec une variété d'argiles dans une variété de fours, aucun d'entre eux n'a indiqué une efficacité générale. Néanmoins, on a noté, lors des essais, que les briques des parties les plus froides du four "attiraient" le fluorure des parties plus chaudes. Lors de discussions avec l'Association des fabricants de briques d'argile, une autre étape a été suggérée, pour étudier l'effet du recyclage de l'effluent à haute teneur en fluorure dans les parties plus froides du four.

c) Constitutants secondaires de cimentation (voir également le projet 30.37.01)

La fabrication du ciment exige beaucoup d'énergie (notamment pour le broyage et la calcination). Il est cependant possible, pour beaucoup d'utilisations du béton, de remplacer une bonne partie (jusqu'à 50 %) du ciment par certains matériaux de rebut (cendres volantes, vapeurs de silice condensées, laitiers ferreux et non ferreux), sans incidence majeure pour le traitement. Ce programme vise à mettre au point de tels constituants secondaires de cimentation (MCS) et à prouver leur utilité. La majeure partie des travaux sont effectués à contrat, par l'entreprise privée, mais des études internes sont également en cours pour examiner les caractéristiques physiques de ces constituants secondaires et des bétons qui en résultent.

En plus des autres avantages qu'ils présentent, les CSC peuvent réduire l'effet délétère de la réactivité des agrégats d'alcali. Cette étude examine les effets d'un éventail d'additions d'un certain nombre de CSC à une variété d'agrégats, dont on connaît le caractère réactif. Même si les essais à plus long terme ne sont pas encore terminés, les résultats obtenus à ce jour sont très encourageants.

Un procédé a été mis au point et une installation de production a été construite dans le but de produire un CSC désirable, en utilisant un laitier de haut fourneau. Les produits de laitier et les bétons obtenus en substituant ce laitier au ciment dans diverses proportions ont été soumis à des essais multiples (répétés en cercle).

Les laitiers de haut fourneau de l'installation de production de Sault-Sainte-Marie font actuellement l'objet d'essais par un laboratoire indépendant et par un certain nombre de sociétés minières, et on les utilise comme additifs cimentifiants aux résidus miniers, pour produire des matériaux de remblai utilisés dans les mines.

Contrats:

- Demande 2-9200, "Utilisation de matières pouzzolaniques canadiennes pour réduire les effets de la réactivité des agrégats d'alcali" (Utilization of Canadian pozzolanic materials in reducing the effects of alkali-aggregate reactivity), Ciments Canada Lafarge Ltée. D.S. - J.A. Soles.

- Demande 3-9227, "Production et évaluation de laitier de haut fourneau provenant d'un haut fourneau de l'Algoma Steel, en vue d'une utilisation possible comme additif au béton" (Production and evaluation of blast furnace slag from Algoma Steel's furnace for possible use as an additive to concrete), W.M. Watts Engineering Limited. D.S. - V.M. Malhotra.

- Demande 4-9037, "L'économie d'énergie par la comminution chimique de l'amiante, Étape II" (Energy conservation by chemical comminution of asbestos Phase II), Ontario Research Foundation. D.S. - D.M. Doyle.

- Demande 4-9263, "L'économie de l'énergie dans la comminution des minéraux industriels, Étape III: Mise au point d'installations pilotes" (Energy conservation in comminution of Industrial Minerals Phase III: Development of pilot-plant systems), Ciments Canada Lafarge Ltée. D.S. - D.M. Doyle T. Cienski.

- Demande 5-9117, "Effet des dispositifs permettant de contenir les émissions de fluorure, sur l'efficacité énergétique des fours à tunnel utilisés pour la fabrication de produits de construction en argile, Étape IIB" (Effect of fluoride emission controls on the energy efficiency of tunnel kilns manufacturing structural clay products Phase IIB), Pollutech Limited. D.S. - K.E. Bell/A.K. Kuriakose.

- Demande 5-9186, "L'économie de l'énergie dans le moulage par enrobage, avec des minéraux industriels canadiens, Étape II" (Energy conservation in investment casting using Canadian industrial minerals Phase II), Designed Precision Castings Inc. D.S. - K.E. Bell/A.K. Kuriakose.

- Demande 6-9156, "Évaluation de laitier de haut fourneau, utilisé comme additif au remblai de mine" (Evaluation of blast furnace slag as an additive to mine backfill), W.M. Watts Engineering Limited. D.S. - E. Douglas.

• **Projet 30.21.02:** Études sur l'enrichissement et le broyage de certains minéraux
Chef de projet : R.K. Collings

Objectifs:

Mettre au point et améliorer des méthodes permettant de récupérer, dans des gisements de minéraux industriels déterminés, des minéraux et des produits minéraux susceptibles d'être vendus sur des marchés précis, et, notamment, des méthodes améliorées applicables à la production et au classement des matières minérales ultra-fines destinées à des utilisations spéciales, notamment en matière de remplissage et d'extension.

Les préoccupations exprimées par le gouvernement et par l'industrie au sujet des ressources actuelles et futures en minéraux industriels, de l'accroissement des coûts liés à l'exploration, à la mise en valeur, au traitement et à l'alimentation en énergie, de l'entrée en vigueur de spécifications plus strictes relatives aux produits, de la diversification des applications et des marchés, et de l'accroissement de la concurrence, ont attiré l'attention sur la nécessité d'avoir plus de renseignements sur nos ressources et sur leurs possibilités de mise en valeur, d'améliorer le rendement des installations de production et de traitement, et d'accroître la variété des produits, de façon

à pouvoir demeurer concurrentiels sur les marchés nationaux et étrangers. Ce projet a été conçu pour répondre à ces préoccupations. Durant la période à l'étude, les travaux ont notamment compris des études sur la silice, la barytine, la potasse, le kaolin, l'amiante et sur le classement et le broyage fin des minéraux.

a) Silice

L'Étape III (Terre-Neuve, Nouvelle-Écosse, Nouveau-Brunswick, Manitoba, Saskatchewan et Colombie-Britannique) du projet des ressources en silice du Canada a été menée à terme et un rapport a été publié. Un résumé des trois étapes (Étape I, Ontario; Étape II, Québec; Étape III, Terre-Neuve, Nouvelle-Écosse, Nouveau-Brunswick, Manitoba, Saskatchewan et Colombie-Britannique) est actuellement en préparation.

b) Barytine, célestine, fluorite

Un rapport est actuellement en préparation pour résumer les études antérieures et en cours, au CANMET, sur ces trois minéraux. Le rapport sera complété par des descriptions de gîtes, de manifestations et d'exploitations minières passées et par une description de la situation actuelle relative à chaque minéral.

Les études de laboratoire entreprises dans le cadre de l'Entente sur l'exploitation minérale Canada/Nouvelle-Écosse sur des échantillons de barytine de Scotsville, de Lake Ainslie, de Pine Brook et de Brookfield, ont démontré de bonnes possibilités de récupération de barytine sous la forme de boue (densité de 4.2) par des méthodes de séparation gravimétriques alliées, dans le cas de l'échantillon de Brookfield, à une séparation magnétique humide.

c) Kaolin

Une évaluation détaillée plus poussée de la flottation du kaolin de Black Island est en cours afin d'établir les paramètres applicables à la production d'un kaolin destiné à la fabrication du papier. Un rapport sera rédigé, une fois le travail terminé.

d) Potasse

On envisage actuellement la flottation sélective de la potasse tirée de sel commun dans une solution de sel saturée en K et sous-saturée en Na, pour améliorer l'efficacité de la flottation. Des études de séparation triflo lourdes moyennes ont indiqué que ce procédé constitue une bonne solution de rechange au procédé de flottation existant pour séparer l'insol des deux sels. Des études de séparation magnétique par la voie sèche, en utilisant des séparateurs magnétiques à rouleaux permanents à haute intensité et à haut gradient (2 tesla) ont donné de bons résultats au chapitre de la récupération des matières d'insol paramagnétiques de la sylvine et de la halite. La séparation électrostatique de la sylvine et de la halite, par la voie sèche, est actuellement à l'étude, et il a été possible d'améliorer un peu la sélectivité après modification de la surface de charge des sels au moyen d'acides octanoiques.

e) Graphite

L'information de base sur les gîtes et le traitement du graphite a été revue. On s'est également mis en rapport avec les provinces pour ce qui regarde l'information et la recherche sur des gisements éventuels. Des techniques de séparation gravimétrique et par flottation ont été étudiées en utilisant certains échantillons de graphite.

f) Mica

Un schiste riche en muscovite type (mica blanc) a été examiné et le mica a pu être concentré avec succès en utilisant un mélange de table à air, de classificateur zig-zag et de séparateur à aimant permanent.

g) Bentonite

L'information de base sur les gîtes et les études d'enrichissement a été revue et le matériel d'essai a été réuni et mis en exploitation en utilisant diverses bentonites.

h) Amiante

Une étude, réalisée à contrat, sur le défibrage chimique des fibres d'amiante a révélé que des produits chimiques favorisaient l'ouverture des fibres; toutefois, ces agents tensio-actifs ne pouvaient pas être récupérés de façon économique - une exigence fondamentale pour l'acceptation dans les applications liées à la production de ciment d'amiante. Les études en cours à la Cassiar Asbestos, dans le Nord de la Colombie-Britannique, sur le traitement humide de l'amiante se poursuivent. La société a mis au point un procédé humide en utilisant une technologie CANMET et un accord PPIL, prévoyant une participation de 1,2M $, est en majeure partie réalisé. La fibre tirée des résidus a une teneur en fines extrêmement faible et les études des coûts d'immobilisation et d'exploitation indiquent qu'un procédé humide permettrait de réduire de 40 % les coûts d'immobilisation et d'exploitation. L'exploitation de l'installation pilote se poursuit, et on procède actuellement à l'évaluation de diverses machines de classement des fibres, et de recyclage de l'eau, et à la caractérisation des fibres, et on prépare également des échantillons qui seront proposés à des clients éventuels.

i) Broyage et classement granulométrique des particules fines

Les travaux se sont poursuivis relativement au broyage et au classement granulométrique d'échantillons de talc/calcite/quartz (dureté 1/3.5/7), avec un broyeur à jet Sturtevan et un classificateur à air Hardinge. Un rapport sur ces travaux est en préparation.

Contrats:

- Demande 4-9232 EEM, "Études minéralogiques sur des gisements de potasse" (Mineralogical studies of potash deposits), C.R.P. du Nouveau-Brunswick. D.S. - W. Petruk.

- Demande 5-9079 EEM, "Étude en laboratoire et en installation pilote sur la séparation électrostatique du minerai de potasse" (Laboratory and pilot plant study on electrostatic separation of potash ore), Potash Corporation of Saskatchewan. D.S. - K. S. Moon.

- Demande 5-9245 EEM, "Étude de traitement minéralurgique du minerai de chromite de Bird River" (Mineral processing investigations of Bird River chromite ore), Lakefield Research Canada Limited. D.S. - P. R. A. Andrews.

- Demande 5-9246 EEM, "Amélioration du feldspath" (Upgrading of feldspar), Tantalum Mining Corporation. D.S. - P. R. A. Andrews.

- Demande 5-9250 EEM, "Étude de laitiers du Manitoba" (Manitoba slag study), John Emery Geotechnical Engineering. D.S. - S.S.B. Wang.

- Demande 6-9031 EEM, "Études en laboratoire et en installation pilote de célestine de Nouvelle-Écosse" (Laboratory and pilot-plant studies of Nova Scotia celestite), Chromasco Limited. D.S. - R.K. Collings.

- Demande 6-9083 EEM, "Barytine de Pine Brook, Cap-Breton, Nouvelle-Écosse" (Pine Brook barite, Cape Breton, Nova Scotia), Université technique de la Nouvelle-Écosse. D.S. - R.K. Collings.

- Demande 6-9119 EEM, "Séparation magnétique de l'insol de la sylvine et de la halite, par la voie sèche" (Dry magnetic separation of insol from sylvite and halite), Central Canada Potash of Noranda. D.S. - K.S. Moon.

- Demande 6-9122 EEM, "Qualité des produits venus du large"(Offshore product quality), Potash Corp. of Saskatchewan. D.S. - E. Joe.

- Demande 6-9123 EEM, "Séparation du minerai de potasse en milieu dense au moyen de séparateurs en milieu dense triflo" (Dense medium separation of potash ore using triflo dense medium separators), Potash Cominico Limited. D.S. - K.S. Moon.

- Demande 6-9147 EEM, "Étude de préfaisabilité sur la rentabilité économique des gisements de chromite de Bird River, Étape III" (Prefeasibility study on the economics of the Bird River chromite deposits, Phase III). D.S. - P. Andrews.

- Demande 6-9163 EEM, "Préparation et évaluation de certains minéraux industriels de la Nouvelle-Écosse destinés à servir d'éléments de charge et d'extension et de produits chimiques" (Preparation and evaluation of certain N.S. industrial minerals for use in fillers, extenders and chemicals), Magstone Development Inc. D.S. - R.K. Collings.

Rapports:

- P.R.A. Andrews, "Enrichissement d'un échantillon de silice de Sussex, au Nouveau-Brunswick" (Beneficiation of a sample of silica from Sussex, N.B.); Rapport de division MSL 86-2 (IR).

- P.R.A. Andrews, "Évaluation d'un échantillon de kaolin de Black Island, Manitoba" (Evaluation of a sample of kaolin from Black Island); Rapport de division MSL 86-79 (IR).

- P.R.A. Andrews, "Enrichissement de la syénite néphélinique de Colombie-Britannique" (Beneficiation of nephaline syenite from British Columbia); Rapport de division MSL 86-88 (IR).

- P.R.A. Andrews, J.M. Lamothe et S.S.B. Wang, "Une évaluation de la table d'air de Kipp Kelly" (An evaluation of Kipp Kelly air table); Rapport de division MSL 86-149 (TR).

- P.R.A. Andrews et L. Morin, "Évaluation d'un cyclone de Mozley" (An evaluation of a mozley cyclone); Rapport de division MSL 86-147 (IR).

- R.K. Collings et P.R.A. Andrews, "Ressources en silice du Canada: une étude sur le traitement d'échantillons de silice choisis, provenant de la Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick, du Manitoba, de la Saskatchewan et de la Colombie-Britannique, destinés à servir de sable en verrerie et en fonderie" (Canadian silica resources: A study of the processing of Selected Silica Samples from Nova Scotia, New Brunswick, Manitoba, Saskatchewan and British Columbia for glass and foundry sand); Rapport de division MSL 86-50 (IR).

- R.K. Collings, J.M. Lamothe, S.S.B. Wang et P.R.A. Andrews, "Une étude du traitement d'échantillons de barytine provenant de certains gîtes de la Nouvelle-Écosse" (A study of the processing of barite samples from selected deposits in Nova Scotia); Rapport de division MSL 86-95 (IR).

- J.M. Lamothe, et S.S.B. Wang, "Enrichissement d'échantillons de vermiculite provenant de Stanleyville, en Ontario" (Beneficiation of vermiculite samples from Stanleyville, Ont); Rapport de division MSL 86-18 (IR)

- S.S.B. Wang, et R.K. Collings, "Enrichissement d'échantillons de sel gemme provenant de Pugwash (N.-É.)" (Beneficiation of rock salt samples from Pugwash, N.S.); Rapport de division MSL 86-86 (IR).

Traitement - Céramique

- **Projet 30.29.01:** Préparation et caractérisation de matériaux de céramique avancée
  Chef de projet : T.A. Wheat

Objectif:

Élaborer des techniques de fabrication et d'exploitation de divers produits de céramique avancée destinés à des applications fonctionnelles et structurales (en construction) et en démontrer les applications prometteuses par des mesures de transfert de technologie.

Ce projet est le reflet de l'intérêt grandissant sur le plan international porté à l'utilisation des matériaux de céramique dans des applications fonctionnelles (e.g. électriques) et structurales (en construction). Parmi les utilisations fonctionnelles, il y a notamment les capteurs de toutes sortes, les transducteurs utilisés dans les essais non destructeurs, les batteries, les pompes ioniques et les cellules de combustible. Les applications structurales (en construction) sont fondées sur des céramiques très résistantes,

durcies, qui résistent à l'usure, à la corrosion et aux températures élevées, et qui sont destinées à diverses utilisations, notamment dans des turbines à gaz où les températures sont ultra élevées, comme pièces de moteur à combustion interne, échangeurs de chaleur, outils tranchants et éléments de roulements.

a) Mise au point d'alumines bêta" pour utilisation à des fins de transformation et de stockage de l'énergie

Les travaux dans ce secteur visaient l'optimisation des paramètres de traitement et de composition liés à la fabrication d'alumines bêta/bêta" contenant un stabilisateur Li^+ et Mg^{2+}, ainsi que l'élaboration de méthodes applicables à la préparation d'alumine bêta/bêta" durcie au moyen de zirconia. La caractérisation des produits est en cours.

b) Mise au point de conducteurs isotropes d'hydrogène

Dans le but d'établir les compositions optimales pour les "zirpsios" (silicophosphates de zirconium) conducteurs isotropes d'hydrogène (Nasicons), un certain nombre d'échantillons de "zirpsios" d'hydronium (>250) ont été préparés et liés par le procédé spécial décrit au cours de l'année précédente, et ont été caractérisés. Le produit obtenu est actuellement à l'épreuve aux installations de l'Énergie Atomique du Canada Limitée, à Chalk River, dans des applications comportant des conducteurs d'hydrogène. Une étude de marché a indiqué des possibilités marchandes dans le secteur des dispositifs de détection de l'hydrogène. Le matériau a fait l'objet de démonstration, à l'interne, dans des cellules, utilisées comme détecteurs d'hydrogène, pompes à hydrogène et cellules de combustible hydrogène-air, de faible puissance.

c) Mise au point d'éléments piézoélectriques destinés à des transducteurs utilisés dans des essais non destructifs

Il est important de mettre au point des techniques permettant de déceler les petits défauts de sous-surface dans les céramiques frittées, lorsque celles-ci doivent subir des contraintes électriques ou mécaniques. Pendant la période considérée, les recherches sur la possibilité d'abaisser la limite de détection des défauts légers dans les céramiques, grâce à l'emploi de procédés ultrasoniques, se sont poursuivies en vertu d'un contrat avec la BM Hi-Tech Inc., de Collingwood, et en collaboration avec l'Université McMaster. Les transducteurs disponibles sur le marché peuvent déceler des défauts de $\sim$75 micromètres; l'utilisation de transducteurs faits sur mesure, produits fabriqués à contrat pour le CANMET, permet maintenant la détection de défauts de $\sim$25 micromètres. Au cours de la période considérée, on est parvenu à mettre au point des transducteurs fonctionnant sur 75 MHz avec un faisceau de n'importe quelle distance focale, et ceux-ci ont été appliqués à la caractérisation des changements de microstructure.

Un certain nombre de matériaux de titanate de plomb absorbant ont été préparés et caractérisés en vue d'applications dans des essais non destructeurs. L'optimisation des compositions du produit se poursuit.

d) Mise au point et démonstration d'une petite génératrice thermo-électrique commerciale

Ce programme de quatre ans, qui a pris fin en mars 1986, a été réalisé par la Almax Industries Ltd., dans le cadre du programme PPIL, avec l'aide de CANMET. Il s'agissait de faire la démonstration de l'efficacité d'une petite génératrice thermo-électrique capable de produire de l'énergie électrique directement, à partir de n'importe quelle source de chaleur (la chaleur provenant d'une cheminée d'usine par exemple). Un intérêt a été exprimé relativement à l'utilisation de ces appareils pour l'alimentation électrique en région isolée, dans toute une gamme de domaines, variant de la protection cathodique des pipelines de gaz transcontinentaux aux travaux dans l'espace.

e) Mise au point de céramiques résistantes

Bien que les céramiques aient dans l'ensemble une grande résistance à la compression et au frottement, leur utilisation est limitée par leur fragilité. L'une des techniques offrant la possibilité de surmonter ce problème consiste à en améliorer la résistance aux cassures par l'intégration de zirconia.

Un programme a été amorcé pour permettre l'étude des céramiques renforcées aux zirconia destinées à des applications structurales (en construction). Ce travail se fait tant à l'interne qu'en vertu d'un contrat conclu avec la Electrofuel Manufacturing Company, de Toronto. Plusieurs compositions d'alumine-alpha durcie aux zirconia ont été préparées à l'interne en procédant au séchage par vaporisation d'une variété de matières originales. La caractérisation des produits se poursuit.

f) Synthèse du carbure de silicium

Le carbure de silicium est une matière qui peut être utilisée dans des applications fonctionnelles et structurales (en construction). Ses propriétés de semi-conducteur le rendent électriquement actif et sa résistance aux températures élevées, à l'oxydation et aux chocs thermiques, en font un matériau, parmi les candidats peu nombreux, se prêtant aux applications où le matériau est exposé à des températures et à des contraintes élevées, comme c'est le cas par exemple dans les turbines à gaz à température ultra élevée et dans les moteurs à combustion interne.

Un programme a été entrepris afin de réaliser la synthèse de carbure de silicium présentant les caractéristiques requises pour diverses applications. L'industrie a exprimé un vif intérêt à l'égard de ce matériau et la participation de l'industrie est attendue.

g) La mise au point d'appareils pour déterminer les propriétés électriques des matériaux

Un appareillage a été assemblé pour faire la caractérisation électrique des matériaux, selon la température et la fréquence; un autre appareillage a été assemblé pour permettre l'analyse de la réaction au courant direct transitoire de cellules électrochimiques. Le logiciel lié à l'acquisition des données et à leur stockage, en rapport avec ces appareillages, a été élaboré.

h) Soutien technique apporté à d'autres organismes qui financent des activités de recherche et de développement portant sur les céramiques

En raison de son expertise, le CANMET a dispensé des conseils techniques à divers éléments de EMR et du CNRC aux fins de l'exécution des contrats suivants concernant les électrolytes solides:

- Détermination de la concentration de zinc dans le plomb liquide et dans l'argent liquide
  Université du Nouveau-Brunswick — T.A. Wheat, CNRC, PARI

- Conduction superionique dans l'oxyde de bismuth
  Université de Western Ontario — A.K. Kuriakose, EMR, PARI

- Mise au point d'une pile au sodium et au soufre
  Powerplex Technologies, Markham — T.A. Wheat, CNRC, PARI

et également dans d'autres secteurs de mise au point de céramiques avancées.

- Le durcissement et le renforcement des céramiques de grand rendement par dispersion en phase seconde d'une alumine bêta spéciale
  Université McMaster, Hamilton — A.K. Kuriakose, EMR, PARI

- Technologie du scellement hermétique
  Quality Hermetics, Toronto — T.A. Wheat, CNRC, PARI

- Céramiques à micro-ondes
  Almax Industries, Lindsay — A. Ahmad, CNRC, PARI

- Matériaux et transducteurs ultrasoniques
  BM Hi-Tech, Collingwood — T.A. Wheat, CNRC, PARI

- Mise au point d'une pile au sodium et au soufre
  Powerplex Technologies, Markham — T.A. Wheat, EMR, RDEI

Contrats:

- MAS 03SQ.23440-4-9223 "Caractérisation de pellicules minces utilisées comme électrodes dans des dispositifs électrochimiques" (Characterization of thin films used as electrodes in electrochemical devices), Fondation de la recherche de l'Ontario, Mississauga. D.S. - T.A. Wheat/J.D. Canaday.

- MAS 14SQ.23440-5-9212 "Matière de pérovskite vaporisée de plasma destinée à des électrodes de cellule électrochimique" (Plasma sprayed perovskite material for electrochemical cell electrodes), Université technique de la Nouvelle-Écosse. D.S. - J.D. Canaday/A. Ahmad.

- MAS 06SQ.23440-5-9226 "Mise au point de composés de céramique avancée à base de fibres de nitrure de bore" (Development of advanced ceramic composites based on boron nitride fibres), The Electrofuel Manufacturing Company, Toronto. D.S. - T.A. Wheat.

- MAS 06SQ.23400-6-9100 "Mise au point de céramiques résistantes" (Development of tough ceramics), The Electrofuel Manufacturing Company, Toronto. D.S. - A.K. Kuriakose.

- MAS 15SQ.23440-6-9102 "Transducteurs ultrasoniques à haute résolution destinés aux évaluations non destructrices" (High resolution ultrasonic transducers for nondestructive evaluation), BM Hi-Tech Inc., Collingwood. D.S. - T.A. Wheat.

- MAS 04SQ.23440-6-9144 "Interprétation analytique de la polarisation protonique sur électrode/électrolyte solide, sur des dispositifs" (Analytical interpretation of protonic solid electrolyte/electrode polarization on devices), The Electrofuel Manufacturing Company, Toronto. D.S. - J.D. Canaday/A.K. Kuriakose.

Rapports:

- A. Ahmad, A.K. Kuriakose, T.A. Wheat et J.D. Canaday, "Caractéristiques physiques de Na et (Na-K), bêta/bêta"-alumines" (Physical characteristics of Na and (Na-K), Beta/beta"-aluminas"); Rapport de division MSL 86-156 (IR).

- J.D. Canaday, A.K. Kuriakose, T.A. Wheat et A. Ahmad, "Aspects électrochimiques de cellules à électrolyte solide protoniques" (Electrochemical aspects of protonic solid electrolyte cells); Rapport de division MSL 87-30 (OP&J).

- J.D. Canaday, A.K. Kuriakose, T.A. Wheat et A. Ahmad, "Matériaux et rendement d'électrodes de cellule électrochimique" (Electrochemical cell electrode materials and performance); Rapport de division MSL 86-156.

- A.K. Kuriakose, T.A. Wheat et A.J. Hanson, "Synthèse du carbure de silicium" (Synthesis of silicon carbide); Rapport de division MSL 87-28 (OP).

- T.A. Wheat, "Les céramiques avancées au Canada" (Advanced ceramics in Canada); Rapport de division MSL 86-64 (OP).

- T.A. Wheat, "Mission au Japon sur les céramiques - mars 1986" (Ceramics mission to Japan - March 1986); Rapport de division MSL 86-73 (IR).

- T.A. Wheat, "Les céramiques avancées au Japon et au Canada" (Advanced ceramics in Japan and Canada); Rapport de division MSL 86-74 (OP).

- T.A. Wheat, "Les céramiques avancées - le Japon aujourd'hui et le Canada demain" (Advances ceramics - Japan today and Canada tomorrow); Rapport de division MSL 86-84 (OP).

• **Projet 30.29.03:** Matériaux semi-conducteurs pour procédés catalytiques et photo-électrochimiques
Chef de projet : S.M. Ahmed

Objectifs:

Mettre au point des procédés photochimiques et catalytiques comportant l'utilisation de semi-conducteurs, en vue de nouvelles applications comme:

1) l'oxydation et l'élimination par photocatalyse de polluants comme le CN^-, le S_2O_3, le SO_3^{2-}, le $S_2O_3^{2-}$ et le H_2S; 2) la lixiviation photo-électrochimique des minéraux et l'activation photochimique des minéraux pour la flottation.

a) Matériaux d'électrodes semi-conducteurs

Les études des propriétés photo-électrochimiques et photocatalytiques d'électrodes d'hématite spéculaire, sous diverses formes, ont été menées à terme. Ces études ont consisté en mesures d'impédance et de courant photo-électrique, en mesures d'efficacité et de spectre de courant photo-électrique, et en études des conditions de surface et des centres de capture ainsi que de la photo-oxydation d'agents réducteurs comme le pyrogallol et l'acide oxalique. Les possibilités d'utiliser des semi-conducteurs α-Fe_2O_3 dans des électrodes ou sous forme de poudre, pour les procédés de photocatalyse, ont été examinées et des recommandations ont été formulées. Deux communications sont actuellement en préparation.

La photoluminescence résultant de recombinaisons radiatives des entraîneurs excités photo-électriquement dans des électrodes de GaAs, avec et sans films de cobalt, a été étudiée au moyen d'un laser c-w au He-Ne. La dépendance du champ de la luminescence a également été étudiée, dans un champ potentiostatique, et l'effet du transfert de la charge entre le GaAs et un couple redox ferro/ferricyanure, exposé à un éclairage, a également été observé. Ces travaux comptent parmi les premiers du genre et ils fournissent beaucoup de renseignements sur la séparation et la recombinaison électron/trou, sur la dépendance envers le champ et sur l'effet des conditions de surface et des centres de capture, lorsque ceux-ci existent, ainsi que sur les procédés de transfert de la charge à l'interface semi-conducteur/solution. La méthode offre également une technique applicable à l'étude de la dissolution photochimique et photo-électrique des minéraux semi-conducteurs. Deux communications sont actuellement en préparation.

Des films de TiO_2 de composition spéciale, imprimés par sérigraphie sur des plaques de céramique, sont actuellement en cours de fabrication. Ces films seront ensuite rendus semi-conducteurs et ils seront utilisés pour l'étude de procédés photo-électrochimiques et redox présentant un intérêt (voir ci-après).

Des poudres de TiO_2, sous forme semi-conductrice, sont actuellement en préparation, et les sites sont couverts de métal noble, de platine par exemple. Ces poudres seront utilisées comme photocatalyseurs.

b) Procédés photochimiques et photo-électrochimiques

i) Destruction des agents polluants

Des poudres et des électrodes de TiO_2 semi-conductrices sont utilisées pour 1) la préparation de H_2O_2, 2) l'oxydation et la récupération des CN^-, H_2S, $S_2O_3^{2-}$, SO_3^{2-}, et autres, et SO_3, et autres, et peut-être de plusieurs agents polluants chloro-organiques. Le travail expérimental est déjà commencé. Une bonne partie du travail sur la production de H_2O_2 a été faite et les résultats de ces travaux ont été publiés.

La Direction des énergies renouvelables, d'Énergie, Mines et Ressources Canada, appuie la réalisation d'un projet à contrat, conclu avec la Solarchem Research, de Willowdale, en Ontario, entrepris sous le titre de "La production photochimique solaire d'eau oxygénée". Ce travail présente un intérêt direct pour le CANMET, en rapport avec la destruction du CN^- par H_2O_2. M. S.M. Ahmed joue le rôle d'expert et de D.S., pour ce contrat. La première étape doit se terminer en mars 1987.

Un autre contrat de prospective, portant sur la destruction d'agents polluants, pour lequel l'expertise des LSM est mise à contribution, est lié à des travaux réalisés par la Nutech Energy Systems Inc., de London, en Ontario. L'oxydation catalytique de matières chloro-organiques, comme le chlorophénol, sur des semi-conducteurs de TiO_2, fait l'objet d'études.

ii) Applications au traitement des minéraux

L'effet des propriétés semi-conductrices du SnO_2 sur sa flottation a été étudié et le rapport est actuellement en préparation. Les travaux préliminaires sur la lixiviation photochimique de minerai sulfuré complexe du Nouveau-Brunswick ont révélé qu'à l'exception du Pb, la lixiviation de tous les autres minéraux semi-conducteurs, notamment de l'Ag, est nettement accrue. Des travaux plus élaborés sont actuellement prévus, dans cette voie.

c) Programme de l'Agence internationale de l'énergie (AIE)

Le Canada a continué de participer, pour la sixième année, à la réalisation du Programme de recherche et de développement de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) concernant la production d'hydrogène par électrolyse photocatalytique de l'eau, à l'aide de l'énergie solaire (Activité VI). Durant cette période, la participation du Canada a pris la forme de travaux de CANMET, et le Canada a reçu, en contrepartie, des renseignements de plusieurs autres pays. Ce programme s'est terminé officiellement en octobre 1986. La technologie mise au point et acquise durant le programme est maintenant en voie d'application dans plusieurs domaines. Un rapport final sur la participation canadienne à l'Activité VI de l'AIE a été publié récemment, dans le Int. J. Hydrogen Energy, 12 (1987) 23. Un rapport final de l'agent d'exploitation de l'Activité VI de l'AIE a également été reçu; ce rapport est également disponible.

Contrat:

- Demande 3-9114, "Recherches sur l'utilisation de catalyseurs semi-conducteurs pour la production de carburants liquides" (Investigation of semiconductor catalysts for the production of liquid fuels), S.R. Morrison, Université Simon Fraser, Burnaby (Colombie-Britannique). D.S. - S.M. Ahmed.

Rapports:

- S.M. Ahmed, "La participation canadienne aux travaux de l'AIE sur la photo-électrolyse de l'eau" (The Canadian contribution to the I.E.A., work on photoelectrolysis of water); Rapport de division MSL 86-53 (OP&J).

- S.M. Ahmed, "La participation canadienne aux travaux de l'Activité VI de l'AIE; la production d'hydrogène par électrolyse photocatalytique de l'eau - 1985" (Canadian contribution to IEA, Task VI, production of hydrogen by photocatalytic water electrolysis - 1985); Rapport de division MSL 86-4 (TR).

- S.M. Ahmed, J. Leduc et S.F. Haller, "Études du comportement photo-électrolytique de l'hématite spéculaire" (Studies of the photoelectrolytic behaviour of specular hematite); Rapport de division MSL 86-53 (OP&J).

• **Projet 30.29.05:** Électrodes et matières réfractaires pour l'industrie de l'acier
Chef de projet : T.A. Wheat

Objectifs:

Déterminer le comportement des matières réfractaires exposées à des températures élevées au contact de laitiers, et faire rapport sur les fiches techniques, les produits modifiés, ou les produits de substitution. Ce projet répond également aux souhaits exprimés par les fabricants d'acier de disposer d'une source d'information "indépendante", où ils pourraient puiser d'autres renseignements que ceux qui leur viennent de leurs fournisseurs; cette volonté ne doit toutefois pas être interprétée comme un manque de confiance à l'endroit des fournisseurs, qui donnent continuellement des conseils utiles aux fabricants.

a) Deux rapports ont été préparés: 1) sur le comportement des matières réfractaires de dolomie, exposées à des températures élevées sous vide et 2) sur le comportement de matières réfractaires de magnésie/carbone exposées à des températures élevées sous vide (quatre types de chacune ont été évalués, en regard de laitiers d'aciérie).

La résistance à la corrosion de dolomies liées directement, liées au goudron, liées à la résine et contenant du carbone, au contact de laitiers, a été bonne dans tous les cas au contact du laitier basique. La plupart des dolomies ont manifesté une excellente résistance à la corrosion, en présence de laitiers, aux températures inférieures à 1700 °C. Au-delà de cette température, on a constaté une infiltration substantielle de laitier, qui provoque une dégradation rapide de la brique. L'action du graphite comme agent de freinage de la corrosion par le laitier est nettement manifeste dans la dolomie contenant du carbone et liée à la résine.

Les profils chimiques structuraux de quatre types de briques de MgO/C ayant une teneur en carbone de 15 à 24 %, exposées à trois différents types de laitier à des températures de 1650 et de 1700 °C sous vide, ont été examinés. Le freinage de la pénétration du laitier, en raison de la présence de graphite, a été démontré. La résistance à la corrosion du MgO dépend beaucoup de la composition du laitier et celle-ci s'accentue selon le caractère basique du laitier. Sous vide, à 1700 °C, on a constaté une perte extensive de matières constituantes par vaporisation. Cette perte par vaporisation/sublimation a été accrue par la réduction du MgO, au contact du graphite, en Mg, qui s'est déposé sur les parties plus froides du four, élargissant ainsi les surfaces exposées à la corrosion par le laitier.

La résistance à la corrosion d'un bloc de chrome-magnésie moulé par fusion a été examinée. Ce matériau se volatilise peu sous vide à haute température, à comparer aux briques de MgO-C et aux briques de chrome-magnésie à grains fusionnés par liaison nouvelle. Dans ce cas, la résistance au laitier diminue au fur et à mesure que la température monte.

Rapports/publications:

- D.H.H. Quon et K.E. Bell, "Résistance à la corrosion de briques de dolomies en contact avec des laitiers d'aciérie de transformation secondaire" (Corrosion resistance of doloma bricks in contact with slags from secondary steelmaking); Rapport de division MSL 86-63 (IR).

- D.H.H. Quon et K.E. Bell, "Rendement de briques de magnésie-carbone, sous vide, à haute température" (Performance of magnesia-carbon bricks in vacuum at high temperature); Rapport de division MSL 86-83 (IR).

- D.H.H. Quon et K.E. Bell, "Rendement de briques de magnésie-carbone, sous vide, à haute température" (Performance of magnesia-carbon bricks in vacuum at high temperature); Rapport de division MSL 86-115 (OP&J).

- D.H.H. Quon et K.E. Bell, "Dégradation de briques de magnésie chrome à liaison directe dans l'industrie de la transformation secondaire de l'acier, sous vide" (Degradation of direct bonded chrome magnesia bricks in secondary steelmaking under vacuum); Rapport de division MSL 85-105 (OP&J). (Communication acceptée pour publication dans les Actes de la Conférence de 1986 TMS-AIME).

Traitement - Minéraux industriels

- **Projet 30.37.01:** Rendement et durabilité des bétons contenant des constituants secondaires de cimentation
  Chef de projet : V.M. Malhotra

Objectifs:

Obtenir des données sur les propriétés mécaniques et élastiques et sur la durabilité du ciment Portland et du béton de ciment Portland contenant des matériaux dont la production exige jusqu'à 65 % moins d'énergie, comme le laitier de haut fourneau granulé, les cendres volantes, les fumées de silice condensées et la poussière de calcaire, pour des applications dans les milieux marins du Canada et dans les eaux acides du Nord du Canada; créer une base de données sur le béton de ciment Portland et sur le béton composé de ciment Portland mélangé à du laitier de haut fourneau et à des cendres volantes, relativement aux applications industrielles dans lesquelles le béton est exposé de façon persistante à des températures comprises entre 75 et 450 °C pendant des périodes pouvant atteindre six mois; produire un matériau de chemisage de tour de refroidissement d'amiante-ciment peu coûteux et résistant à la corrosion dans des conditions extrêmes (gel et dégel, eaux douces et eaux saumâtres, eau corrosive et abrasion).

Pour économiser les ressources et l'énergie, il faut absolument utiliser, pour la fabrication du ciment Portland et du béton de ciment Portland, des matériaux moins coûteux et dont la production demande moins d'énergie. Les produits de remplacement du ciment qui sont les plus prometteurs à cet égard sont

le laitier granulé, les cendres volantes et les fumées de silice condensées. La production de laitier granulé ne demande que 25 % de l'énergie nécessaire pour produire du ciment Portland. Quant aux cendres volantes et aux fumées de silice, il s'agit de sous-produits industriels. Comme les laitiers et les cendres volantes provenant de sources différentes n'ont pas nécessairement les mêmes propriétés (celles-ci variant selon les matières premières utilisées), il est essentiel de faire des recherches pour obtenir plus de renseignements sur leur comportement à long terme dans le béton, dans les conditions climatiques que l'on retrouve au Canada et en présence ou non de réducteurs puissants de l'eau.

Des études ont été entreprises en vue de mettre au point un superplastifiant, constitué d'une grande quantité de cendres volantes, à ajouter au béton. Dans ces types de béton, de grandes quantités de ciment sont remplacées par des cendres volantes, et les forts dosages en superplastifiants permettent de maintenir un très faible rapport eau-matières cimentantes.

Les études préliminaires indiquent qu'il est possible d'obtenir un béton très résistant, à module élevé, en utilisant la méthode décrite ci-avant. La recherche a été structurée de façon à fournir des données sur divers types de ciment, et à contrôler la durabilité à long terme de ces bétons.

Les travaux de recherche se sont poursuivis, en vertu d'un contrat, pour mettre au point un matériau de chemisage de tour de refroidissement d'amiante-ciment dont la durabilité serait accrue. On a utilisé un modèle à deux niveaux fractionné pour étudier les effets de la composition, de la fabrication et du mode d'exposition sur la durabilité du chemisage. Dans l'ensemble, tant le ciment Portland de Type 50 de l'ACNOR que les ciments de laitiers ont été supérieurs aux ciments de Type 10 et de Type 20 de l'ACNOR, lorsqu'ils ont été exposés à des eaux agressives. Les modules de flexion les plus faibles sont associés aux produits les plus isotropes. Le rendement d'un laitier de haut fourneau d'une nouvelle source, du Nord de l'Ontario, comme constituant secondaire de cimentation, pour cette application, est actuellement à l'étude.

Un rapport détaillé complet sur l'utilisation des cendres volantes dans le béton a été publié, comme publication spéciale de CANMET (SP 85-3).

Le projet de recherche conjoint "IRDC"/CANMET, sur les cendres volantes, s'est poursuivi. Il vise à créer une base de données sur les cendres volantes provenant de l'Argentine et du Canada. Dans le cadre de ce programme, un deuxième chercheur argentin a passé quatre mois au CANMET, et un chercheur canadien a passé deux semaines en Argentine.

Les travaux visant l'acquisition de données sur le rendement des laitiers de haut fourneau granulés dans le béton, se poursuivent. Ils ont révélé que le laitier granulé de l'installation pilote, à la Algoma Steel Works, présente des caractéristiques de résistance et de durabilité satisfaisantes, qu'il est égal ou supérieur à d'autres laitiers canadiens et qu'il peut être utilisé avec avantage pour remplacer jusqu'à 50 % du ciment contenu dans le béton. Plusieurs rapports ont été publiés. Une nouvelle installation, utilisant le laitier de l'Algoma, a été mise en exploitation dans le Nord de l'Ontario, pour produire du laitier granulé; la prochaine étape du projet portera sur l'évaluation du laitier actuellement produit dans cette installation.

Des études ont été entreprises afin de déterminer l'effet des températures élevées sur les bétons contenant des fumées de silice. L'éventail de températures était de 150 à 450 °C alors que la durée d'exposition des spécimens était de trois jours.

Plusieurs études sur les réactions des agrégats d'alcali contenus dans le béton se poursuivent. L'une d'elle aborde le rôle des constituants secondaires de cimentation dans le contrôle des expansions nuisibles dans le béton, causées par les réactions alcalines des carbonate/silice; un rapport préliminaire a été publié. Les autres études portent sur l'examen et l'évaluation de types de roches du Nouveau-Brunswick et de Terre-Neuve, susceptibles de réagir.

Contrats:

- Demande 4-9236 EEM, "Une étude de la réactivité alcaline d'agrégats du Nouveau-Brunswick pouvant être utilisés dans le béton" (A study of the alkali aggregate reactivity of potential concrete aggregates of New Brunswick), ADI Ltd. D.S. - J.A. Soles.

- Demande 4-9308 EEM, "Acquisition de données techniques sur les cendres volantes de Nouvelle-Écosse" (Development of engineering data on N.S. fly ashes), L.E. Snow Ltd. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 5-9185 EEM, "Revue des faits nouveaux concernant la fissuration en D" (State-of-the-art review on D-cracking of concrete), Hardy Associates Ltd. D.S. - E. Douglas.

- Demande 5-9250 EEM, "Dépôts de laitier du Manitoba; caractérisation, modifications, utilisation possible" (Manitoba slag deposits, characterization, modifications, potential utilization), John Emery Geotechnical Engineering. D.S. - S.S.B. Wang.

- Demande 5-9255 EEM, "Étude de la réactivité alcaline d'agrégats de Terre-Neuve pouvant être utilisés dans le béton" (Study of the alkali reactivity of potential concrete aggregates of Newfoundland), Golder Associates. D.S. - J.A. Soles.

- Demande 6-9157 EEM, "Étude de la réactivité alcaline d'agrégats de la Nouvelle-Écosse pouvant être utilisés dans le béton" (Study of the alkali reactivity of potential concrete aggregates of Nova Scotia), Golder Associates. D.S. - J.A. Soles.

Rapports/publications:

- E.E. Berry et V.M. Malhotra, "Les cendres volantes dans le béton" (Fly ash in concrete); CANMET SP 85-3, 1985.

- G.G. Carette et V.M. Malhotra, "Le rendement des cendres volantes canadiennes dans le béton" (Performance of Canadian fly ashes in concrete); CANMET 86-6; 1986.

- M. Cossette, E. Douglas, B. Nebesar et V.M. Malhotra, "La mise au point d'un matériau de chemisage de tour de refroidissement d'amiante-ciment, ayant une durabilité accrue" (Development of asbestos-cement cooling tower fill with improved durability); Première conférence internationale sur l'amiante-ciment; 4 au 7 mai 1986, Cannes, France.

- E. Douglas, "Béton et mortier de ciment de laitier de haut fourneau - aspects relatifs à la durabilité" (Blast-furnace slag cement mortar and concrete - durability aspects); Rapport de division MSL 86-123 (J). (Doit être publié dans les constituants secondaires de cimentation de béton - Supplementary Cementing Materials).

- E. Douglas et R.T. Hemmings, "Caractérisation du laitier de haut fourneau granulé et bouleté et porosité et perméabilité des pâtes de laitier/ciment" (Characterization of granulated and pelletized blast-furnace slag and porosity and permeability of the slag/cement pastes); Rapport de division MSL 86-28 (J).

- E. Douglas et R.T. Hemmings, "Caractérisation du laitier de haut fourneau granulé pour remplacer le ciment Portland dans le béton" (Characterization of granulated blast-furnace slag for Portland cement replacement in concrete); Rapport de division MSL 86-67 (IR).

- E. Douglas, H.S. Wilson et V.M. Malhotra, "Production et évaluation d'une nouvelle source de laitier de haut fourneau granulé" (Production and evaluation of a new source of granualated blast-furnace slag); Rapport de division MSL 86-125 (J).

- E. Douglas et R. Zerbino, "Caractérisation du laitier de haut fourneau granulé et bouleté" (Characterization of granulated and pelletized blast-furnace slag); Cement and Concrete Research, Vol. 16, pp. 662-670, 1986.

- C.D. Johnston et V.M. Malhotra, "Béton léger très résistant contenant jusqu'à 50 % de cendres volantes de calcium" (High strength lightweight concrete with up to 50 percent high calcium fly ash); 1986, Rapport de division, LSM 86-19 (J).

- V.M. Malhotra, "Béton superplasticisé ayant une faible teneur en ciment et une haute teneur en cendres volantes destiné à des applications en construction" (Superplasticized low cement, high volume fly ash concrete for structural applications); Rapport de division MSL 86-80 (J).

- V.M. Malhotra, "Propriétés du béton frais et durci incorporant des laitiers de haut fourneau granulés broyés" (Properties of fresh and hardened concrete incorporating ground granulated blast furnace slags); Rapport de division MSL 86-136 (J).

- V.M. Malhotra, "La façon de bien organiser une conférence internationale" (How to organize successfully an international conference); Rapport de division MSL 86-141 (IR).

- V.M. Malhotra, K.E. Painter et A. Bilodeau, "Propriétés mécaniques et résistance au gel et au dégel du béton très résistant comportant des fumées de silice" (Mechanical properties and freezing and thawing resistance of high-strength concrete incorporating silica fume); Rapport de division MSL 86-96 (OP&J).

- M. van Roode, E. Douglas et R.T. Hemmings, "Mesure par diffraction de rayons X de la teneur en verre des cendres volantes et des laitiers" (X-ray diffraction measurement of glass content in fly ashes and slags); Rapport de division MSL 86-32 (J). (Accepté pour publication dans Cement and Concrete Research).

• **Projet 30.37.02:** RDE - Béton dans les ouvrages construits en mer
Chef de projet : V.M. Malhotra

Objectifs:

Réunir des données techniques sur des coulis et des bétons présentant une grande résistance mécanique, une faible perméabilité et une grande résistance aux chocs, et pouvant être utilisés dans des ouvrages construits en mer; mettre au point des essais de perméabilité du béton, des essais de résistance à l'abrasion par la glace et des essais non destructeurs de surveillance et d'inspection.

On s'attend à ce que les activités d'exploration et d'exploitation pétrolières en mer prennent de l'ampleur dans l'Arctique dans le proche avenir. On prévoit que beaucoup des ouvrages qui seront érigés en mer dans le cadre de ces activités seront faits en béton. Or, il y a encore plusieurs inconnues en ce qui concerne le comportement des structures de béton dans un milieu arctique. Le froid intense a des effets négatifs sur les propriétés du béton. L'abrasion et les chocs causés par la glace créent des problèmes supplémentaires. Il est donc essentiel d'effectuer des études pour trouver des bétons qui aient une bonne durabilité dans un milieu arctique, c'est-à-dire des bétons qui présentent une forte résistance, une faible perméabilité et un faible poids unitaire. Il faudrait aussi élaborer une méthode d'essai pour évaluer la résistance à l'abrasion et la perméabilité de ces bétons spéciaux.

a) La première étape de la mise au point d'un béton léger à grande résistance mécanique est terminée et plusieurs rapports ont été publiés. Les recherches ont révélé qu'il est possible de produire, sur une base marchande, un béton léger, très résistant, à air entraîné, ayant une résistance à la compression de presque 70 MPa, à 91 jours, et des densités de l'ordre de 2000 kg/m^3, en utilisant un agrégat de shiste expansé de l'Est du Canada. Ces types de béton peuvent être faits avec des ajouts de mélanges minéraux, ou sans ceux-ci. La deuxième étape de l'étude portera sur la mise au point de bétons ayant une résistance supérieure à 70 MPa, en utilisant des agrégats légers locaux ou importés.

b) La huitième inspection annuelle des prismes d'essai installés à Treat Island, au Maine, a été faite. Des vérifications visuelles ont été faites et des photographies ont été prises. Un rapport et une exposition à ce sujet ont été préparés et présentés à la Deuxième conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des vapeurs de silice, du laitier et des pouzzolanes naturelles dans le béton, qui a eu lieu en avril 1986, à Madrid, en Espagne.

c) Plusieurs communications fondées sur des recherches faites à contrat à l'interne ont été présentées au Colloque international sur le béton destiné aux ouvrages en mer, qui s'est tenu à St-Jean, Terre-Neuve, en septembre 1986,

sous l'égide de la Société canadienne du génie civil et de CANMET. Un nouvel essai sur la résistance au choc et à l'abrasion par la glace, mis au point par CANMET en vertu d'un contrat de recherche, a été décrit. Une conférence de presse et une séance d'information télévisée ont été organisées en 1986 pour faire connaître la mise au point de cet essai.

d) Une douzaine de dalles de béton très résistant, d'une taille de 150 x 330 x 3660 mm, ont été montées sur le côté d'un quai existant, à Nanisivik, à l'île Baffin, pour déterminer l'effet à long terme de l'abrasion et des impacts sur les divers types de béton.

Contrats:

- Demande 4-9041, "Reproductibilité d'une nouvelle technique pour mesurer la perméabilité du béton" (Reproducibility of a new technique to measure the permeability of concrete), Laboratoire de béton Ltée. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 4-9171, "Béton de densité normale, de faible perméabilité, de haute résistance mécanique, renforcé de fibres, destiné aux ouvrages construits en mer" (Low-permeability high-strength fibre-reinforced normal weight concrete for offshore structures), Ciments Canada Lafarge Ltée. D.S. - G.G. Carette.

- Demande 4-9173, "Mise au point d'un essai pour déterminer la résistance du béton à l'abrasion et aux chocs causés par la glace en mer, dans l'Arctique" (Development of a test to determine the resistance of concrete to abrasion and impact by ice under offshore arctic conditions), Arctec Canada Ltd. D.S. - V.M. Malhotra.

- Demande 4-9212, "Mise au point de coulis cimentants pour les pièces en béton soumises à une post-tension et destinées à des ouvrages construits en mer, dans un milieu arctique" (Development of cementitious grouts for post-tensioned concrete members for use in offshore structures in the Arctic environment), B.H. Levelton and Assoc. Ltd. D.S. - H.S. Wilson.

- Demande 4-9246, "Évaluation de la capacité des produits de réparation existants à corriger des dommages éventuels" (Evaluation of the suitability of existing repair materials to deal with potential types of damage), Hydro Ontario. D.S. - H.S. Wilson.

- Demande 4-9249, "Mise au point d'un matériel expérimental portatif employant des techniques d'écho-impulsion pour déterminer les défauts du béton" (Development of portable test equipment employing pulse-echo techniques to determine flaws in concrete), Techno Scientific Inc. D.S. - V.M. Malhotra.

- Demande 6-9003, "Rendement de dalles de béton exposées à l'abrasion par les glaces, à Nanisivik, dans l'île Baffin" (Performance of concrete panels exposed to ice-abrasion at Nanisivik, Baffin Island); Louis A. Gottheil Eng., Montréal. D.S. - V.M. Malhotra.

Rapports/publications:

- V.M. Malhotra, "Recherches CANMET sur la mise au point d'un béton léger très résistant" (CANMET investigations in the development of high strength lightweight concrete); Rapport de division MSL 87-33 (OP&J).

- V.M. Malhotra, G.G. Carette et T.W. Bremner, "Durabilité du béton contenant des constituants sedoncaires de cimentation dans un milieu marin" (Durability of concrete containing supplementary cementing materials in marine environment); Rapport de division MSL 86-130 (OP&J).

- T.J. Roots, A.M. Nawwar et V.M. Malhotra, "Mise au point d'une méthode d'essai pour déterminer la résistance du béton aux chocs et à l'abrasion par les glaces" (Development of a test method to determine ice abrasion and impact resistance of concrete); Rapport de division MSL 86-102 (OP&J).

- H.S. Wilson et V.M. Malhotra, "Mise au point d'un béton léger très résistant destiné à la construction" (Development of high strength lightweight concrete for structural applications); Rapport de division MSL 87-11 (OP&J).

Biotechnologie

- **Projet 30.45.01:** Lixiviation biologique
  Chef de projet : R.G.L. McCready

Objectifs:

Utiliser des micro-organismes dans les procédés d'extraction et d'enrichissement, afin d'exploiter les gîtes minéraux dont les minerais ne pourraient pas être traités de façon rentable à l'aide des procédés habituels.

a) Lixiviation bactérienne des minerais sulfurés

Il s'agit de concevoir un procédé biohydrométallurgique rentable, qui permette l'extraction et la récupération des métaux présents en moindres concentrations dans les minerais sulfurés, surtout dans les zones minéralisées du sous-sol que l'on n'exploite pas parce qu'elles servent de soutènement à la mine ou dans celles où la teneur du minerai n'atteint pas le minimum requis pour une exploitation classique.

Habituellement, dans la plupart des exploitations minières, les gîtes minéraux sont laissés intacts à 30 %. Le traitement de ces ressources résiduelles par lixiviation bactérienne permettrait d'exploiter à fond les réserves minérales.

Des études de lixiviation en colonne effectuées avec des minerais de cuivre d'Opemiska, pour comparer la lixiviation bactérienne à la lixiviation assistée par bactérie, ont été entreprises il y a huit mois. À l'heure actuelle, la liqueur de lixiviation assistée par bactérie (pH 1.5) contient 2,19 g Cu/L, alors que la liqueur de lixiviation bactérienne (pH 2.3) contient 1,09 g Cu/L.

b) Élimination de la silice présente dans les minerais alumineux (bauxite, argiles, etc.), à l'aide de méthodes biohydrométallurgiques

Il s'agit de mettre au point un procédé biohydrométallurgique permettant d'améliorer les minerais alumineux par solubilisation et élimination de la silice. L'objectif à court terme est d'améliorer les bauxites par réduction des concentrations de silice qui gênent la production d'alumine au moyen du procédé Bayer.

Quelque 30 métabolites microbiens ont été évalués pour en déterminer la capacité de lessiver la silice réactive de la kaolinite. On a trouvé un métabolite efficace et celui-ci fait actuellement l'objet d'une évaluation, avec des bauxites contenant diverses concentrations de silice réactive.

c) Lixiviation hétérotrophe

L'objectif recherché est la détermination de l'efficacité de la lixiviation hétérotrophe pour extraire le Ni, le Co, et d'autres métaux de base, de minerais de faible teneur ou réfractaires.

Certains minerais ne se prêtent pas à la lixiviation bactérienne par autotrophes ou encore la récupération du métal d'une solution contenant de grandes concentrations de fer est difficile. Si ces minerais pouvaient faire l'objet d'une lixiviation économique dans des conditions neutres ou alcalines, le métal recherché pourrait peut-être être solubilisé de manière préférentielle, sans qu'il y ait solubilisation du fer, ce qui favoriserait beaucoup la récupération du métal de la solution.

Une trentaine de métabolites microbiens ont été évalués pour en déteminer la capacité à lessiver préférentiellement le Ni, de la pentlandide. Un groupe de métabolites est très efficace lorsqu'il s'agit de solubiliser le Ni et le cobalt sans solubiliser le fer, lorsque le pH est alcalin. Les études se poursuivent pour apprécier les effets de la concentration de métabolite, du pH, de la température et de la lixiviation, avec des combinaisons d'au moins deux métabolites.

Figure 3 - Extrémité polaire du Thiobacillus ferrooxidans montrant le flagelle polaire. Agr. 170 000X

Figure 4 - Piqûres résultant de l'oxydation microbienne de la sphalérite. Agr. 20 000X

Contrats:

- Demande 6-9126, "Détermination des paramètres d'activité dans les souches de Thiobacillus ferrooxidans, comme critères applicables à la détermination de l'efficacité de la lixiviation minérale" (Determination of activity parameters in Thiobacillus ferrooxidans strains as criteria for mineral leaching efficiency), Département de microbiologie, Université du Manitoba. D.S. - R.G.L. McCready.

- Demande 6-9159, "Mise au point de la biohydrométallurgie thermophile pour améliorer l'extraction de métaux précieux" (Development of thermophilic biohydrometallurgy to enhance precious metal extraction), Coastech Research Inc. D.S. - R.G.L. McCready.

- Demande 6-9197, "Recherche visant à déterminer la source d'oxygène lors de l'oxydation bactériologique des sulfures minéraux" (Research study to determine the source of oxygen during bacterial oxidation of mineral sulphides), Département de physique, Université de Calgary. D.S. - R.G.L. McCready.

- PARI Projet CA-910-786-A, "Lixiviation biologique souterraine sur place du minerai d'uranium - Étape II" (Underground biological in-place leaching of uranium ore - Phase II), Denison Mines Ltd. D.S. - R.G.L. McCready.

• **Projet 30.45.02:** Effets des phénomènes biologiques sur les opérations industrielles
Chef de projet : R.G.L. McCready

Objectifs:

Déterminer, quantifier et appliquer des phénomènes biologiques qui améliorent l'efficacité des diverses opérations utilisées dans les industries de l'extraction et de la transformation des ressources minérales.

Les projets dans ce domaine comprennent la bioadsorption de métaux contenus dans des solutions de procédés ou dans des effluents, la dégradation microbienne des éléments organiques qui nuisent à la récupération des minéraux contenus dans les minerais ou dans les concentrés, la récupération microbienne des métaux contenus dans les effluents et l'adoucissement biologique des eaux acides évacuées des exploitations minières.

Les divers projets entrepris à ce sujet ont été financés à l'aide des fonds prévus pour les contrats dans le cadre de la stratégie nationale en matière de biotechnologie.

Contrats:

- Demande 5-9156, "Contrôle microbien de la lixiviation en bassin à stériles" (Microbial control of trailings dump leaching), Département de biologie, Université d'Ottawa. D.S. - W.D. Gould.

- Demande 6-9052, "Optimisation de l'application de mycètes à l'adsorption de l'uranium, à l'immobilisation des cellules et au bouletage" (Optimization of fungal adsorption of uranium and cell immobilization and pelletization), Acres, Davy McKee, Engineering Inc. D.S. - R.G.L. McCready.

- Demande 6-9103, "Dégradation/altération microbienne d'espèces carbonées dans des minerais et des concentrés canadiens, Étape II" (Microbial degradation/alteration of carbonaceous species in Canadian ores and concentrates, Phase II), Witteck Development Inc. D.S. - R.G.L. McCready.

- Demande 6-9118, "Dynamique de croissance de colonies naturelles de characées dans des étangs de résidus abandonnés" (Growth dynamics of naturally colonizing characeae in abandoned tailings ponds), Boojum Research Ltd. D.S. - R.G.L. McCready.

- Demande 6-9164, "Utilisation de la biomasse pour récupérer l'uranium de solutions de biolixiviation" (Use of biomass to recover uranium from bioleach solutions), Université McMaster. D.S. - R.G.L. McCready.

- PARI, Projet L2730-1064, "Biorécupération du sélénium" (Biorecovery of selenium), CMS Rotodisk. D.S. - R.G.L. McCready.

- PARI, Projet CA910-6-1078 - Procédé Chara "Polissage biologique d'effluents alcalins" (Chara Process "Biological polishing of alkaline effluents"), Boojum Research Ltd. D.S. - R.G.L. McCready.

• **Projet 30.45.03:** Réseau de biotechnologie
Chef de projet : R.G.L. McCready

Objectifs:

Travailler de façon soutenue au maintien et à l'expansion d'un réseau visant à améliorer l'interaction et la communication entre les chercheurs et l'industrie canadienne, et améliorer la disponibilité et l'accessibilité des informations pertinentes.

Le personnel des LSM a:

1. préparé et publié quatre bulletins du BIOMINET (réseau de lixiviation minérale et de récupération des métaux) pour tenir les membres au courant des projets de recherche en cours et des faits nouveaux relativement à l'utilisation de la biotechnologie dans l'industrie minérale;

2. organisé, préparé et présenté un atelier de deux jours sur "La microbiologie fondamentale pour l'industrie minérale", les 6 et 7 novembre, auquel ont participé 39 personnes; CANMET SP86-7;

3. participé à un colloque sur "La biotechnologie dans l'industrie minérale", organisé dans le cadre de l'Assemblée annuelle de la Société canadienne des microbiologistes, tenue à Toronto; MSL 86-69 (OP);

4. publié les Actes de la réunion annuelle de 1985, du BIOMINET; CANMET SP86-6;

5. organisé et participé à la réunion annuelle BIOMINET, qui a réuni 42 personnes, à l'hôtel Howard Johnson, à Oakville, en Ontario;

6. participé à la Session sur la biotechnologie, de l'Assemblée annuelle du CIM, à Toronto; MSL 86-105 (OP);

7. participé à l'atelier sur "La récupération du métal des solutions, au moyen de produits naturels", tenu à Lancaster, en Angleterre; MSL 86-45 (OP&J);

8. participé à l'Atelier sur la biotechnologie appliquée à l'exploitation minière et à l'industrie minérale", tenu à Idaho Falls, en Idaho;

9. participé à la journée de la biotechnologie, au Centre de recherche de l'ALCAN, à Arvida;

10. publié deux articles sur la biotechnologie, dans la livraison d'été de GÉOS.

Base de données du BIOMINET:

De nouveaux organismes ont été ajoutés à la base de données du BIOMINET, au fur et à mesure que les réponses au questionnaire ont été reçues. Plusieurs changements d'adresse et radiations ont été nécessaires; les étiquettes d'envoi sont produites au besoin.

Extraction - minéraux métalliques

- **Projet 30.52.02:** Procédés basés sur l'utilisation des chlorures pour le traitement des minerais sulfurés
  Chef de projet : D.H. Bell

Objectifs:

Mettre au point et évaluer des procédés métallurgiques viables basés sur l'emploi de chlorures qui permettent d'atteindre des taux de récupération des métaux supérieurs à 90 % et d'éliminer les émissions de SO_2 tout en produisant du soufre élémentaire ou des sulfures stables à partir de concentrés sulfurés industriels.

Le Nouveau-Brunswick a les plus importantes réserves de zinc, de plomb et d'argent du Canada. Mais, en raison de la complexité de ces gîtes sulfurés, les techniques existantes ne permettent pas d'atteindre un taux suffisant d'extraction de produits marchands de valeur élevée. Pour y parvenir, il faut produire un concentré industriel. Toutefois, en raison de sa complexité et de sa teneur relativement faible, ce concentré ne se prête pas aux méthodes classiques de traitement. Le CANMET étudie et évalue les procédés basés sur l'emploi de chlorures pour traiter de tels concentrés complexes. Des recherches faites au CANMET et à contrat ont dans une large mesure confirmé le schéma fondamental d'un procédé de lixiviation au chlorure ferrique. Les activités actuelles se rapportent principalement à l'évaluation technique et économique complète et à la démonstration d'autres procédés applicables aux minerais du Nouveau-Brunswick et à d'autres concentrés sulfurés complexes. Les procédés à l'étude devraient permettre d'obtenir des taux de récupération des métaux nettement plus élevés et de réaliser des économies importantes.

L'inquiétude grandissante au sujet des pluies acides amènera vraisemblablement l'adoption de solutions de rechange souhaitables dans une perspective à long terme. Les procédés qui donnent du soufre élémentaire au lieu de SO_2 pourraient être des solutions valables. Ceux qui sont basés sur l'emploi de

chlorures permettent d'obtenir un tel résultat, mais il faut en faire la démonstration avec succès, sur les plans techniques et économiques, pour qu'ils soient acceptés par l'industrie.

a) Procédé de lixiviation au chlorure ferrique (LCF)

Le procédé de lixiviation au chlorure ferrique a été mis au point, tant au CANMET qu'à contrat, et il s'agit maintenant d'un procédé viable sur le plan technique qui rencontre les objectifs de la récupération à 90 % et de l'élimination des émissions de SO_2. Le procédé semble concurrentiel, sur le plan économique, avec le procédé Sheritt-PSA (maintenant sur le marché) et pourrait être supérieur au procédé RPC-SRL (qui fait actuellement l'objet d'une mise au point en installation pilote). Le travail de mise au point du procédé, au CANMET, en 1986-1987, s'est traduit par l'élaboration d'un schéma révisé, reproduit à la Figure 5. Des améliorations ont été apportées au niveau de la lixiviation, de la cémentation, de la cristallisation et de l'extraction par solvants du chlorure de zinc; en outre, une nouvelle technologie SX a été mise au point pour récupérer les impuretés (Fe(III), Cd, Bi, Pb, Cu) d'une solution de charge d'électrolyte de chlorure de zinc. Ces améliorations ont permis de réduire les frais d'immobilisations et d'exploitation, par rapport au schéma antérieur, et elles promettent l'amélioration du rendement économique du procédé.

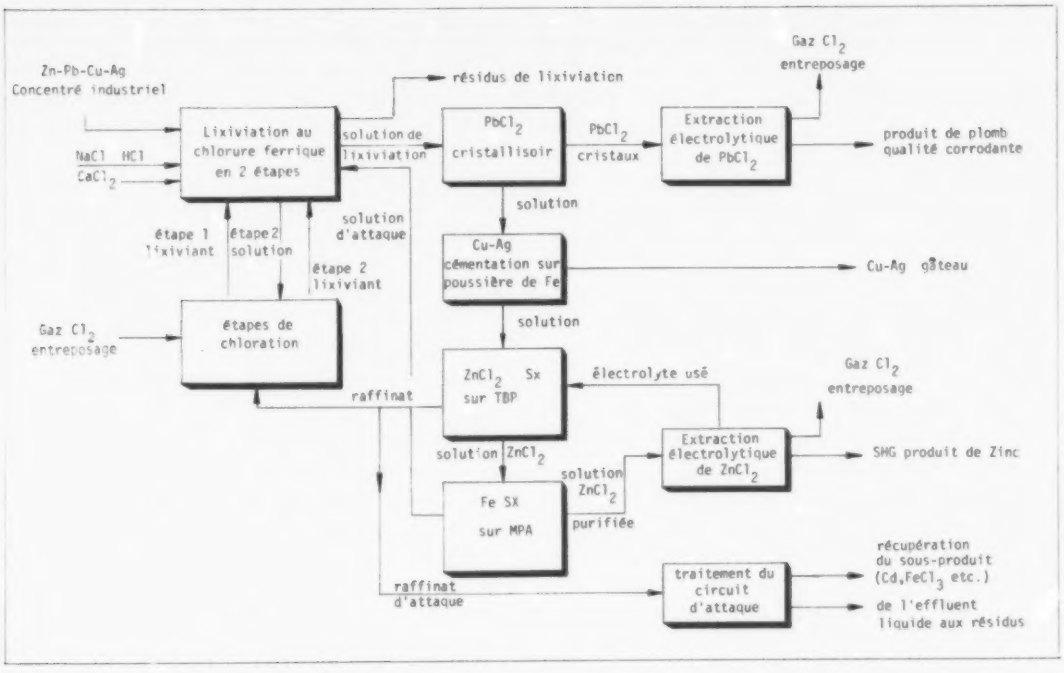


Figure 5 - Le procédé de lixiviation au chlorure ferrique de CANMET

i) Lixiviation: mise au point du procédé LCF

Une lixiviation en deux étapes d'un concentré en vrac pyriteux dans des conditions de faible acidité (0,1 à 0,2 M HCl) ont permis l'extraction du Pb, du Zn, du Cu et de l'Ag dans des proportions respectives de 99,7 %; 99,3 %; 97,4 % et 95,8 %. La consommation d'acide a baissé à 25 g de HCl par kg de concentré, à comparer à 49 g/kg, enregistré lors des essais antérieurs.

ii) Récupération du $PbCl_2$ et cémentation du Cu et de l'Ag

La liqueur de lixiviation peu acide a été refroidie pour précipiter les cristaux de $PbCl_2$, et elle a ensuite été soumise à un traitement à la poussière de Fe pour cémenter le Cu et l'Ag. La solution obtenue était stable: le cuivre cémenté ne s'est pas redissous et l'hydrolyse du fer ne s'est pas produite; après la cémentation, la solution correspondait aux normes régissant le traitement du cuivre et de l'argent; la teneur était de 1 mg/L dans chaque cas, et le pH était d'environ 1. La qualité du produit de $PbCl_2$ était semblable à celle obtenue lors des essais antérieurs.

iii) Purification des solutions de chlorures de zinc

Des essais antérieurs avaient confirmé que le phosphate de tributyle (TBP) permet l'extraction efficace du chlorure de zinc de la liqueur de lixiviation. La co-extraction de 1 à 2 g/L de Fe(III) et de certains plombs et cuivres constituait toutefois un problème. Des études plus poussées ont permis d'identifier une méthode d'extraction au solvant pour récupérer le Fe (III) et les autres impuretés de la solution de $ZnCl_2$. Le produit de l'affinage est une solution de $ZnCl_2$ de qualité électrolyte ayant une teneur en Fe(III) inférieure à 50 ppm, et la liqueur d'attaque peut être recyclée dans le circuit de lixiviation. Les travaux se poursuivent afin de faire l'essai continu de ce sous-circuit de purification.

Certains essais ont également été faits dans le but d'identifier un agent d'extraction du cuivre, de la liqueur de lixiviation, pour l'éventualité où l'on jugerait souhaitable de récupérer le métal de cuivre plutôt que le produit de cément-cuivre actuel.

b) Lixiviation de métaux et de minéraux sulfurés

i) Minéraux d'argent

Des études cinétiques fondamentales ont été faites sur la lixiviation au chlorure ferrique de l'AgCl et de l'Ag_2S. Des vitesses relativement élevées ont été observées, dans tous les cas; ces vitesses s'accentuaient avec le relèvement des températures et des concentrations de chlorure dans la solution de lixiviation. La vitesse n'était pas sensible à la concentration de Fe(III) et au pH, mais elle diminuait lorsque les cencentrations d'AgCl (produit de la réaction) augmentaient dans la solution. Les résultats des expériences indiquent une cinétique de taux paraboliques avec un contrôle de la diffusion aqueuse. Un rapport a été rédigé sur ces travaux.

Une étude, sur disque tournant, de la dissolution de l'argent dans des solutions d'ions ferriques a été menée à terme et un rapport a été rédigé. Les variables étudiées étaient la température, les ions ferriques, les ions ferreux, les concentrations d'acide, la vitesse de rotation du disque (en rpm) et la concentration de sulfate de sodium.

ii) Extraction par voie électrolytique de zinc dans un électrolyte aqueux à base de chlorures

Des dépôts de zinc lisses, compacts et exempts de dendrites ont été obtenus par voie électrolytique à partir d'un électrolyte acide à base de chlorure de zinc, en utilisant une cellule à membrane, tant lors d'essais en laboratoire qu'en installation semi-pilote. Des cellules pleine grandeur ont été utilisées lors des études de simulation du procédé en installation pilote. La cathode de zinc avait une teneur en Zn supérieure à 99,989 %.

iii) Extraction par voie électrolytique de cuivre dans un électrolyte aqueux à base de chlorures

Les essais visant à déterminer les paramètres de conception d'une cellule à membrane utilisée pour extraire par voie électrolytique des cristaux de cuivre très purs dans un électrolyte aqueux à base de chlorures, ont été menés à terme.

iv) Extraction par voie électrolytique de plomb dans un électrolyte aqueux à base de chlorures

Les conditions ont été établies en vue de procéder à l'extraction par voie électrolytique de cristaux de plomb uniformes, libres, sans sels de NaCl et de $PbCl_2$, dans un électrolyte aqueux à base de chlorures. Un rapport a été publié.

v) Études fondamentales sur la cémentation de l'argent sur le cuivre et le plomb

La cinétique de la cémentation de l'argent sur le cuivre et le plomb, dans une solution de 3,0 M de NaCl et de 0,3 M de HCl, en utilisant une technique à disque tournant, a été étudiée. Les effets de la température, de la vitesse de rotation du disque et du volume de la solution ont été étudiés et des corrélations ont été établies avec l'évolution de la morphologie du gîte. Une communication a été rédigée à ce sujet et elle a été acceptée pour publication.

vi) Cémentation de l'argent et du cuivre sur le fer granuleux

L'utilisation de fer granuleux pour cémenter l'Ag et le Cu, dans une liqueur de lixiviation au chlorure ferrique (LCF) simulée, a été étudiée, à l'appui du procédé LCF. Les résultats indiquent que le fer est supérieur, sur les plans techniques et économiques, au plomb, comme agent de cémentation. Les résultats ont fait l'objet d'un rapport.

vii) Solubilité du $PbCl_2$

La solubilité du chlorure de plomb dans des solutions de chlorure de fer plus concentrées, présentant un intérêt direct pour le pocédé LCF de CANMET, a été étudiée. L'influence des ions ferriques et ferreux est étudiée, en utilisant les données disponibles sur les constantes de stabilité, les coefficients d'activité et les modèles de solutions.

viii) Épuration et regénération de solutions de lixiviation

Les études sur la chloruration des solutions de lixiviation utilisées avec le procédé LCF ont été menées à terme. Les effets de la température, de la pression, des concentrations de réactifs et de la stoechiométrie sur le taux de transfert massique général ont été déterminés. Des mesures pyritiques fiables ont été rendues possibles par des améliorations à la conception du réacteur et à la maîtrise du procédé. Les résultats obtenus ont été fort utiles pour procéder à l'optimisation du procédé et au passage à une autre échelle.

Contrat:

- Demande 5-9174, "Électrolyse à base de chlorure de plomb: évaluation de la nouvelle technologie et conception d'une cellule" (Lead chloride electrolysis: New technology appraisal and conceptual design of a cell), SNC Inc. D.S. - J.E. Dutrizac.

Rapports:

- P.L. Bédard, P. Richer et K.G. Tan, "Raccordement du spectrophotomètre Pye Unicam PU8610 UV/VIS au micro-ordinateur Osborne 01" (Interfacing of the Pye Unicam PU8610 UV/VIS spectrophotometer with the Osborne 01 microcomputer); Rapport de division MSL 86-170 (TR).

- J. Dutrizac, "La cinétique de la lixiviation au chlorure fluoré de l'argent, de l'antimoine argent et du chlorure d'argent" (The kinetics of floride chloride leaching of silver and antimony silver and silver chloride); Rapport de division MSL 86-43 (J).

- J. Dutrizac, "La lixiviation du chlorure d'argent et de l'argent d'alumine dans une solution de chlorure ferrique" (Leach of silver chloride and alumina silver in ferric chloride media); Rapport de division MSL 86-49 (J).

- D.J. MacKinnon et J.M. Brannen, "L'extraction du plomb par voie électrolytique dans un électrolyte aqueux à base de chlorures" (Lead electrowinning from aqueous chloride electrolyte); Rapport de division MSL 86-42 (TR).

- D.J. MacKinnon et J.M. Brannen, "Cémentation du cuivre et de l'argent sur du fer granuleux, dans des solutions de lixiviation simulées à base de chlorures de fer" (Cementation of copper and silver on granular iron from simulated iron chloride leach solutions); Rapport de division MSL 86-107 (TR).

- K.G. Tan, K. Bartel et P.L. Bédard, "Solubilité et densité du chlorure de plomb destiné à un procédé de lixiviation aux chlorures - Partie 1 - Chlorure de plomb des solutions aqueuses binaires" (Lead chloride solubility and density for chloride leach process - Part 1 - Lead chloride in binary aqueous solutions); Rapport de division MSL 86-41 (J).

- K.G. Tan et P.L. Bédard, "Mise au point d'une mini-installation de chloruration pour éprouver des procédés de lixiviation au chlorure ferrique" (Development of a mini plant chlorinator for ferric chloride leach processes); Rapport de division MSL 86-98 (OP&J).

• **Projet 30.52.03:** Or
Chef de projet : G. Pouskouleli

Objectifs:

Améliorer des procédés nouveaux ou existants, acceptables dans une perspective environnementale, pour accroître le taux et réduire le coût de la récupération de l'or et des autres métaux précieux qui y sont associés, en apportant une attention particulière aux minerais réfractaires, notamment à ceux qui contiennent de l'arsenic.

Deux questions importantes pour l'industrie canadienne de l'or sont les minerais de faible teneur, réfractaires et difficiles à traiter ainsi que les préoccupations liées aux répercussions environnementales des techniques actuelles d'extraction et de transformation de l'or. Les gîtes de minerai actuels sont de faible teneur, ils sont réfractaires, principalement dans les arsénopyrites, et ils exigent un traitement préalable spécial de façon à permettre la libération et la lixiviation de l'or. La technique de prétraitement en usage est le grillage, qui génère des émissions d'oxydes d'arsenic, alors que la lixiviation au CN^- préoccupe toujours les experts, relativement aux répercussions possibles de ce procédé sur l'environnement. Ainsi, le CANMET a un rôle important à jouer au chapitre de la mise au point de procédés de traitement du minerai plus économique, qui réduiront au minimum les répercussions négatives pour l'environnement.

a) Identification minéralogique de minerais réfractaires et complexes

Les travaux minéralogiques se poursuivent afin d'établir une base de données sur les caractéristiques des minerais d'or réfractaires canadiens. Douze minerais canadiens ont été identifiés, et ils seront considérés comme minerais d'or réfractaires types, par suite d'un examen des données sur les ressources intérieures. La caractérisation minéralogique sera axée sur ces minerais, durant l'année qui vient.

b) Traitement des minéraux

i) Gisements placériens en mer

Des méthodes d'échantillonnage et des normes de traitement applicables à l'évaluation de gîtes d'or placérien sous-marins, situés au large de la Nouvelle-Écosse, ont été étudiées. Les résultats préliminaires indiquent qu'il faut des carotteuses vibrantes déposées au fond de la mer, et

commandées à partir de petits navires, ainsi que des séparateurs centrifuges embarqués pour concentrer les minéraux lourds à grains fins. Des échantillons plus considérables sont actuellement prélevés pour le CANMET, afin de lui permettre de déterminer les exigences liées au traitement.

ii) Récupération à partir de gîtes aurifères

Des échantillons de minerais et de stériles ont été traités par triage, par broyage, par gravité, par flottation, et par cyanuration afin de déterminer les exigences en matière de procédé, de plusieurs emplacements, situés en Nouvelle-Écosse; et les possibilités de lixiviation des graviers du gîte placérien massif de faible teneur de White Channel ont également été examinées. Un séparateur centrifuge Knelson, fabriqué au Canada, est utilisé au CANMET pour la récupération de l'or fin.

iii) Exploitations d'or placérien au Yukon

Des études ont été entreprises dans le but de réduire les coûts, d'améliorer la récupération et la qualité de l'eau des effluents d'exploitations d'or placérien. Les programmes ont notamment porté sur le pompage des résidus de sluice, l'évacuation des résidus par cyclone dans des bassins d'eau de retenue, l'utilisation de floculants, la mise à l'essai de sluices et de bac ou de lit de lavage, la recherche visant l'optimisation de l'exploitation des sluices, ainsi qu'une étude des méthodes de manipulation de la matière, tant en usage que de rechange.

iv) Triage électronique

Les essais relatifs au triage électronique des minerais d'or, par la Aggen Inc., de Peterborough, en Ontario, se poursuivent. Cette entreprise a construit une unité portative, à l'échelle d'exploitation, qui peut procéder au triage en appliquant des principes de photométrie et de conductivité, et elle prévoit entreprendre en 1987, à contrat, des travaux de triage dans la région de Beardmore, dans le Nord de l'Ontario. En réponse à une demande formulée par le ministre des Ressources naturelles de l'Ontario, un représentant de CANMET a été désigné comme conseiller technique, en rapport avec ce programme d'essai.

v) Balayures de la Monnaie royale canadienne

En vertu d'un contrat avec la Monnaie royale canadienne, le CANMET a conçu un procédé de séparation sèche qui permet de récupérer, sous la forme d'un concentré ayant une teneur en or de 50 %, 90 p. 100 de l'or contenu dans des balayures à haute teneur, des produits de fusion et des laitiers et des briques de fourneau.

c) Prétraitement de concentrés réfractaires

i) Prétraitement alcalin ou acide sous pression de O_2

Un concentré de flottation d'environ 9,0 oz/tonne a été oxydé, dans des conditions acides ou alcalines, à une pression de O_2 (pression de 2 000 KPc-O_2, température entre 185 et 195 °C, durant 2,5 à 3-5 h, teneur en solides de 40 %). Les solides obtenus après ce prétraitement ont été soumis à une cyanuration alcaline qui a permis une extraction de 96 à 98 %.

ii) Prétraitement aux micro-ondes

Des micro-ondes ont été appliquées à la calcination de ce concentré. Plus de 80 % de l'As et du S ont été extraits en irradiant 1 000,0 g de concentré à une puissance de 6 kW, durant 12 à 14 minutes. La cyanuration alcaline de ce produit de calcination a permis une extraction d'or de 98 % et une extraction d'argent de 62 %.

d) Lixiviation

i) La lixiviation en tas au Yukon

La faisabilité de la lixiviation en tas de l'or contenu dans un gîte oxydé de faible teneur a été étudiée et cette étude a révélé que le minerai réagit bien à la lixiviation et qu'en dépit de la latitude septentrionale, le climat permettrait une période de 200 jours de lixiviation par année. Un programme d'essai de lixiviation de 10 000 tonnes est envisagé pour 1987.

ii) Lixiviation à la thio-urée

La lixiviation à la thio-urée acide de minerais et de concentrés d'or et d'un concentré de chalcopyrite, comme solution de rechange à la cyanuration alcaline, a été entreprise. Des essais de lixiviation ont également été faits sur des concentrés prétraités. Les essais ont indiqué que la thio-urée acide permettait une solubilisation de l'or plus rapide que le cyanure alcalin, mais que, tout comme le cyanure alcalin, la thio-urée acide ne permettait pas une lixiviation efficace de l'or contenu dans des minerais ou des concentrés d'or arsénopyritiques réfractaires. Divers moyens permettant de minimiser la consommation de thio-urée ont été étudiés, et les études de purification sur la solution de lixiviation et sur les solutions de thio-urée synthétique se poursuivent. La réduction gazeuse de l'or contenu dans le complexe Au(I) thio-urée présente une solution de rechange prometteuse à la cémentation avec une poudre métallique ou à l'électrolyse. Des taux de récupération élevés ont été obtenus (99 % Au) sans décomposition de la thio-urée.

iii) Autres agents de lixiviation

L'évaluation d'autres procédés de lixiviation se poursuit. Un nouveau produit (Bio-D) a été étudié. Les essais préliminaires ont révélé que le procédé était coûteux. D'autres procédés fondés sur halogénure sont actuellement en cours d'évaluation.

iv) Solvant-en-lixiviation

Le concept d'un solvant-en-lixiviation a fait l'objet d'une étude préliminaire. La présence d'un agent d'extraction organique améliore la cinétique de la lixiviation pour l'or tandis que le relèvement de la température améliore davantage la cinétique.

e) Traitement de la solution

i) Échange ionique comparé à l'adsorption sur carbone

La récupération de l'or par échange ionique en lit fluidisé profond, à étape unique, en regard de l'adsorption sur carbone, a été étudiée. Des essais en laboratoire ont été faits pour comparer les résines d'échange ionique et les carbones, utilisés pour la récupération de l'or contenu dans des solutions cyanurées. Ces données serviront à la mise au point d'une colonne d'échange ionique continu. Parmi les carbones éprouvés, le Calgon PCB, le Calgon GRC 22, le Norit 2515 et le Haycarb XT4 ont été les plus efficaces. Compte tenu de son rendement général, le Calgon GRC 22 a été choisi, pour un essai ultérieur, dans le dispositif de contraction à lit fluidisé profond à étape unique. Parmi les résines évaluées, les résines IRA 400, à forte base, et Duolite A-7, à faible base, seront retenues à des fins d'essai soutenu. L'adsorption est améliorée aux températures plus élevées, ce qui constitue un net contraste avec l'utilisation de carbones activés. Toutefois, le cyanure excédentaire affecte le chargement de l'or sur les résines. Bien que les résines à base faible présentent des caractéristiques de chargement inférieures à celles présentées par les résines à base forte, l'élution est beaucoup plus simple et beaucoup plus complète et elle peut être faite avec un produit caustique dilué.

ii) Résine-en-pulpe

L'évaluation de la technologie de la résine-en-pulpe a été faite après une étude bibliographique complète et après des démarches auprès de fabricants de résine pour obtenir des résines destinées à des essais au banc et à une campagne en mini-installation, dans un but d'optimisation de procédé. Des sept résines étudiées, une résine expérimentale macroporeuse à forte teneur en pKa, à faible base, fabriquée par la Dow Chemical, s'est révélée la plus prometteuse. Une bonne sélectivité de l'or, avec la majorité des métaux communs de base, a été obtenue et les fixations d'or ont atteint 17,8 kg Au/t de résine, lorsque l'extraction était faite à partir d'une pulpe de lixiviation cyanurée ayant une teneur en solides de 45 %, contenant 3,5 ppm d'Au et 0,77 ppm de Zn. L'examen SEM de la résine a révélé une légère attrition des surfaces. Une campagne en installation pilote sera entreprise en 1987-1988 afin de déterminer les viabilités technique et économique du procédé.

iii) Solvant-en-pulpe

Les sels d'ammonium quaternaire à chaîne longue semblent prometteurs pour ce qui regarde leur utilisation dans les procédés de solvant-en-pulpe. On a constaté qu'une douce agitation, sans dispersion d'une phase dans l'autre, permet de bonnes récupérations d'or et une cinétique raisonnable. Une petite installation pilote est prévue pour l'année prochaine.

iv) Réduction directe à partir de la solution

La réduction directe appliquée à la purification de l'or et des métaux du GP a été étudiée, comme élément du nouveau concept "d'extraction en vrac et de récupération sélective" de ces métaux. Les méthodes de réduction directe applicables à la précipitation sélective de l'or, du platine et du palladium,

à partir des phases tant organiques que aqueuses, ont été étudiées. Le comportement chimique et la réaction de ces métaux aux méthodes de réduction ont été étudiés, et des paramètres applicables à la production de poudre spécifique ont été établis. Grâce à ces études, une méthode facile, relativement moins énergivore, a été mise au point pour produire des cristaux d'or d'une grande pureté à partir de solutions contaminées, comme on peut le constater à la Figure 6.

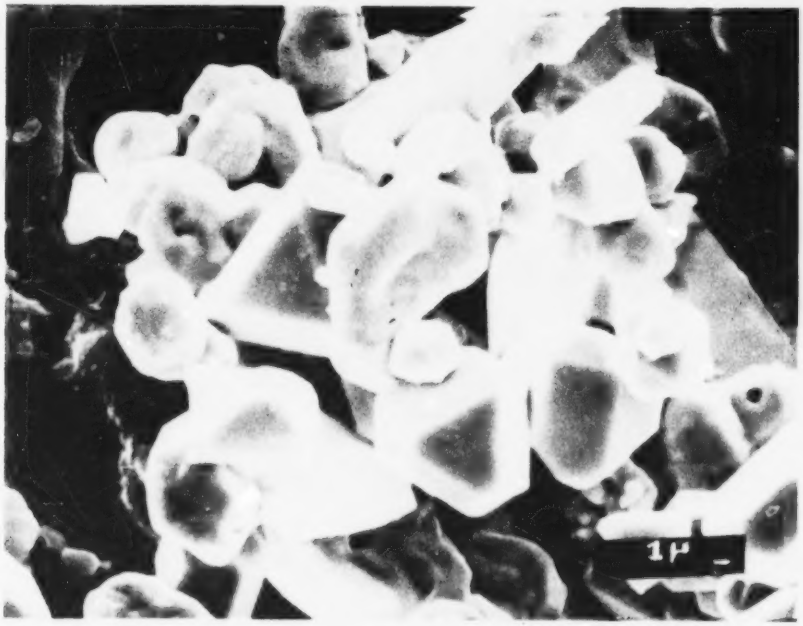


Figure 6. Cristaux d'or d'une grande pureté

f) Platine/palladium

Un procédé de séparation du platine et du palladium a été étudié, à l'appui du brevet de CANMET sur "l'extraction en vrac et la récupération sélective" de l'or et des métaux du GP. La séparation et la récupération des Pt/Pd des solutions de lixiviation ont fait l'objet d'études. L'application d'une méthode d'extraction au solvant, fondée sur une extraction en vrac, par dérivé alkylisé octo-hydroquinoline, du Pt et du Pd contenus dans des solutions chlorurées, se fait avec une cinétique très rapide et produit des rapports de distribution élevés. L'attaque des éléments organiques chargés peut se faire à l'eau (H_2O), qui récupère le Pt, et avec du HCl fort qui extrait le Pd. D'autres procédés d'attaque peuvent être utilisés lorsqu'un mélange très pur de Pd/Pt est requis. L'influence d'autres valeurs métalliques dans la solution d'alimentation, e.g., Se, Te, Bi, et autres, a été étudiée tout comme l'influence de la température, de diluants et de modificateurs. Ces études ont permis la formulation de divers schémas ou procédés applicables à la récupération et à la séparation des métaux du GP.

g) Progrès en matière d'analyses

Des méthodes ont été mises au point afin de permettre la détermination de la thio-urée libre, de la thio-urée complexe et du bisulfure de formamidine dans les solutions de lixiviation de minerais aurifères.

Contrats:

- Demande 5-9224, "Implantation ionique de sulfures" (Ion implantation of sulphides), E.A.C.L., Laboratoires nucléaires de Chalk River. D.S. - L.J.P. Cabri.

- Demande 5-9230 EEM, "Évaluation du matériel et des procédés applicables à l'échantillonnage des gîtes placériens sous-marins, à partir de petits navires de pêche" (Evaluation of equipment and processes to sample offshore placer deposits from small fishing vessels), Noranda Ltée. D.S. - D.M. Doyle.

- Demande 5-9265 EEM, "La récupération de l'or contenu dans des minerais et des concentrés sulfurés aurifères" (Recovery of gold from auriferous sulphide ores and concentrates), Lakefield Research. D.S. - D.M. Doyle.

- Demande 6-9006, "La lixiviation en tas au Yukon - Une évaluation métallurgique et technique, UP-W-264", (Heap leaching in the Yukon - A metallurgical and engineering assessment, UP-W-264), Witteck Development Inc. D.S. - D.M. Doyle.

- Demande 6-9053, "Évaluation de la technologie de la résine-en-pulpe appliquée aux minerais d'or canadiens - Étape II" (Evaluation of resin-in-pulp technology for Canadian gold ores - Phase II), Witteck Development Inc. D.S. - G.M. Ritcey.

- Demande 6-9054, "Récupération de l'or par la technique sur carbone et par la technique d'échange ionique en lit fluidisé profond à étape unique, Étape II" (Recovery of gold by single-stage deep-fluidized bed, ion exchange and carbon technologies - Phase II), Fondation de recherche de l'Ontario. D.S. - G.M. Ritcey.

- Demande 6-9055, "Mise au point d'un procédé de précipitation réductive applicable à la production d'or, de platine et de palladium d'une grande pureté" (Development of reductive precipitation process for production of high purity gold, platinum and palladium), Université McGill. D.S. - G. Pouskouleli.

Rapports/Publications:

- G.P. Demopoulos, G. Pouskouleli et G.M. Ritcey, "Un procédé nouveau d'extraction au solvant applicable à l'affinage des métaux précieux" (A novel solvent extraction system for the refining of precious metals); ISEC 1986, Actes; 1986.

- G. Deschênes, P.J. Prud'homme et E.W. Wong, "La récupération de l'or à partir de solutions de thio-urée: Étude de la cémentation avec des poudres de métal, des carbones activés et des échangeurs ioniques, et de l'extraction au solvant - Rapport d'étape" (Recovery of gold from thiourea solutions: Investigation of cementation with metal powder, activated carbon, ion exchangers and solvent extraction - Progress report); Rapport de division MSL 86-26 (TR).

- G. Pouskouleli, S. Kelebec et G.P. Demopoulos, "Récupération et séparation du platine et du palladium par la co-extraction et l'extraction différentielle" (Recovery and separation of platinum and palladium by co-extraction and differential stripping); Rapport de division MSL 86-164 (OP&J).

• **Projet 30.52.04:** Réacteurs à plasma
Chef de projet : J.M. Skeaff

Objectifs

Étudier et mettre au point des applications de la technologie des plasmas dans les domaines de l'utilisation de l'énergie et de la pyrométallurgie, dans le but d'accroître le rendement énergétique et de substituer l'électricité aux combustibles fossiles.

La technologie des plasmas peut, dans plusieurs cas, permettre de remplacer efficacement les combustibles fossiles par l'énergie électrique et également servir à des applications tout à fait nouvelles. Il est de plus évident qu'elle a atteint un niveau de développement suffisant pour que l'on envisage sérieusement des applications à l'échelle industrielle (si ce n'est déjà fait). Toutefois, bien qu'il dispose de sources plus que suffisantes d'électricité relativement peu coûteuse, le Canada a pris du retard à cet égard. Pour favoriser la mise au point de telles applications industrielles de la technologie des plasmas, le CANMET a accepté de jouer le rôle d'organisme moteur, dans ce domaine, au sein de l'Administration fédérale.

a) Utilisation de la technologie des plasmas en métallurgie

Plusieurs essais de mise au point ont été faits en utilisant un réacteur à plasma de 100 kVA. Les causes des problèmes initiaux relatifs à la réalisation de l'arc stable et de la température d'exploitation souhaitée, ont été identifiées: les problèmes étaient liés à la tension de sortie du transformateur et au délai de purge de l'argon insuffisant du réacteur. Ce type de plasma a semblé sensible au bilan énergétique total de l'installation, puisqu'on a constaté que la stabilité de l'arc s'améliorait nettement lorsqu'on se rapprochait de l'état d'équilibre thermique. Le niveau de tension optimal, pour l'unité, a maintenant été déterminé, soit 45 volts à chaque électrode; cette tension permet d'obtenir un arc stable prolongé, de façon soutenue, et d'obtenir la température d'exploitation de ∿1650 °C en moins de trente minutes. Les premiers essais, avec de petites quantités d'une alimentation constituée d'hématite, de coke et de chaux, ont réussi et conduiront à une exploitation à la charge de 30 kg.

Des réunions et des discussions sur la technologie des plasmas et sur ses applications, notamment en métallurgie, ont eu lieu. Des conseils techniques ont été dispensés à contrat relativement à des applications des plasmas, entreprises par l'Hydro-Ontario, pour le compte de l'Association canadienne de l'électricité. Des études et des propositions relatives à la production au plasma de ferrovanadium, à partir de sables bitumineux de l'Athabasca, de cendres volantes, à la synthèse de carbure de silicium ultra-fin, à la production de siliciure de titane et de siliciures de fer-titane, à la gazéification de coke de pétrole ainsi qu'à un examen des possibilités d'applications de la technologie des plasmas au Canada, ont été examinées.

Contrats:

- Demande 6-9189, "Étude sur la faisabilité de la réduction directe et de la fusion de minerais sulfurés dans un fourneau LB" (Investigation into the feasibility of direct reduction and smelting of sulphide ores in an LB furnace), W.K. Lu, Université McMaster, Hamilton. D.S. - J.M. Skeaff.

- Demande 5-0870, "Fourneau à arc au plasma alimenté en c.c." (D.C. plasma arc furnace), R. Stratten-Crawley, INCO Ltd., Toronto. D.S. - J.M. Skeaff.

• **Projet 30.52.05:** Impuretés dans l'affinage du cuivre
Chef de projet : J.E. Dutrizac

Objectifs:

Avec le concours de l'industrie canadienne du cuivre, mettre au point, d'ici à 1990, des techniques améliorées pour caractériser, faire déposer, contrôler et traiter les impuretés rencontrées lors de l'affinage électrolytique du cuivre.

Le Canada produit beaucoup de cuivre primaire, et presque tout ce cuivre est produit par fusion. Or, durant le procédé de fusion, plusieurs impuretés présentes dans les concentrés de cuivre sont recueillies dans le produit de fonderie de cuivre ampoulé. Ces impuretés dans le cuivre ampoulé doivent être enlevées, autant pour répondre aux exigences du marché relativement à la conductivité du cuivre que pour ne pas perdre des sous-produits de valeur. Cette purification se fait partout par affinage électrolytique dans un électrolyte de $CuSO_4$-H_2SO_4. Dans la mesure où cela a un effet direct sur leurs opérations d'affinage électrolytique et sur la rentabilité de leurs installations, la question de l'élimination des impuretés préoccupe tous les producteurs. Durant l'affinage électrolytique, la plus grande partie de l'Ag, de l'Au, du Se et du Te forme des produits insolubles (boues d'anode). Bien que le traitement des boues d'anode se fasse depuis de nombreuses années, ce procédé comporte encore beaucoup d'inconnues et d'incertitudes et on s'attend à ce que les problèmes associés aux boues d'anode aillent en s'aggravant. Pour que l'industrie canadienne de l'affinage demeure viable, face à la faiblesse des cours du cuivre et à la vive concurrence internationale, le défi technologique doit être relevé et des réponses doivent être trouvées pour surmonter les problèmes actuels.

a) Caractérisation des anodes de cuivre et des boues d'anode

Des études minéralogiques ont été faites sur les anodes de cuivre provenant des quatre producteurs de cuivre canadiens. L'argent se manifeste surtout en solution solide dans le métal; l'or se manifeste tant en solution solide dans le cuivre qu'en inclusions de Cu-Ag-Au-séléniure. Afin de déterminer avec plus de précision la distribution de l'Au et de l'Ag, des micro-analyses avec une sonde à proton, sont prévues, et des normes applicables aux éléments présents à l'état de traces ont été préparées pour ces études. Bien que la majeure partie du tellure se manifeste en solutions solides dans les séléniures, le Pb, l'As, le Sb et le Bi se présentent sous forme d'inclusions d'oxyde en étroite association avec les séléniures. Les boues d'anode faites aux affineries de Kidd Creek, CCR et INCO, ont également été caractérisées, et les réactions qui surviennent durant l'électro-affinage ont été élucidées.

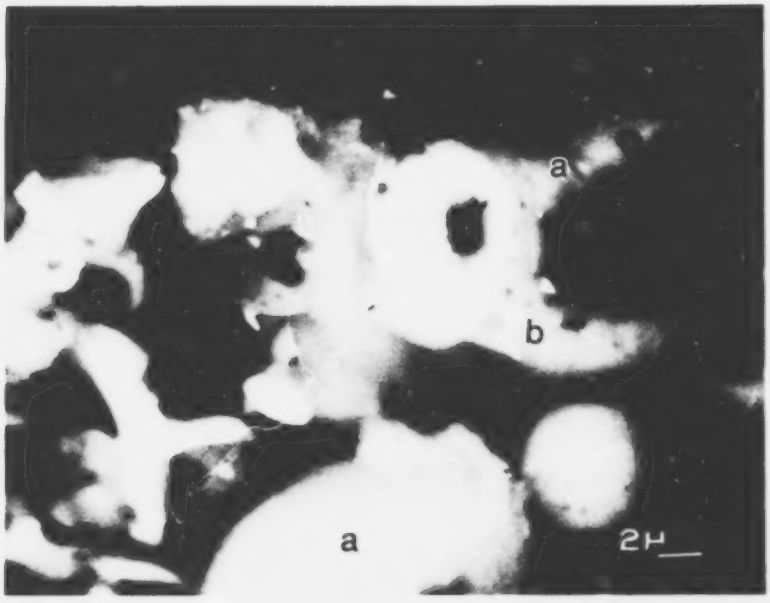


Figure 7. Plusieurs particules séléniurées Cu-Ag (a) présentes dans une boue d'anode commerciale; plusieurs petits grains de métal d'or (grains blancs, vifs (b)) adhèrent à la surface des séléniures.

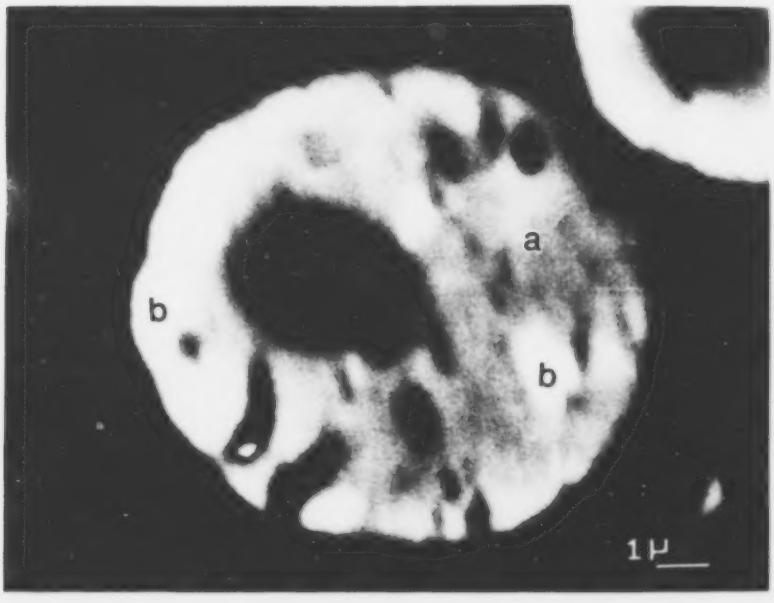


Figure 8. Une particule de séléniure Cu-Ag complexe (a) dans une boue d'anode commerciale. Les zones en blanc (b) indiquent de fortes concentrations (jusqu'à 12 % d'Au) d'or dissous.

L'argent se dissout et réagit au Cu_2Se pour former des séléniures riches en Ag dans la couche de boue; on y trouve également un peu d'argent métallique. La plus grande partie de l'or se présente sous la forme de particules de métal de moins de 1 µm (Figure 7), mais une partie demeure en solution solide dans les séléniures (Figure 8). Les séléniures de cuivre présents dans les anodes passent directement dans les couches de boue et influencent beaucoup la morphologie des boues. Les inclusions d'oxyde de Pb, As, Sb et Bi sont rapidement attaquées; le Pb et le Bi demeurent sous forme de sulfates dans la couche de boues, alors que le As et le Sb se dissolvent. Ensuite, une certaine partie de l'arsenic semble être précipitée à nouveau, vraisemblablement sous forme d'arséniate de cuivre. Le rôle joué par le sulfate de cuivre dans la "passivation" des anodes a été élucidé.

b) Passivation des anodes

Les effets liés à la passivation des anodes constituent une grande source de préoccupations pour l'industrie. Au CANMET, plusieurs communications en langue étrangère, sur ce sujet, ont été traduites, et les textes traduits ont été diffusés dans l'industrie; le CANMET a également appuyé une proposition de recherche en collaboration visant l'étude de la passivation des anodes à l'Université Laval. Le rôle de l'oxygène, de l'argent et du sélénium sur la passivation des anodes et sur la formation des boues et la qualité des cathodes est également étudié; des anodes ayant une composition appropriée sont actuellement en voie de préparation, à contrat, et les expériences commenceront bientôt.

La saturation locale de l'électrolyte d'affinage avec du $CuSO_4$ cause la passivation des anodes. Les données disponibles sur la solubilité et la densité du $CuSO_4$ semblent périmées ou sujettes à des erreurs d'analyse. Une nouvelle technique a donc été mise au point pour mesurer tant la densité que les solubilités du $CuSO_4$, et cette technique est actuellement appliquée à la détermination des systèmes pertinents.

c) L'arsenic dans l'affinage du cuivre

La présence d'arsenic dans les anodes de cuivre peut réduire la passivation des anodes et améliorer la qualité des cathodes en retenant une plus grande quantité de boues sur les anodes. Des travaux sont en cours pour produire un produit d'arséniure de cuivre, par la voie électrolytique, qui pourrait servir à la composition du cuivre d'anode. Une étude bibliographique, sur cette question, a été menée à terme, et un rapport préliminaire a été rédigé. Des études expérimentales, en utilisant un électrolyte de cuivre de ∿10 g/L de Cu^{2+} et de 1-4 g/L de As^{3+} (sous la forme As_2O_3) a généré, de façon uniforme, des produits d'arséniure de cuivre, et la quantité d'arsenic déposée conjointement augmente avec l'accroissement de la concentration d'arsenic et de la densité du courant. L'effet du rapport As/Cu sur la réaction ainsi que la co-évolution de l'arsine sont actuellement à l'étude.

d) Autres techniques possibles

La dissolution chimique totale des boues d'anode offre des avantages, susceptibles d'être réalisés, sur les techniques de traitement classiques. Les essais à ce sujet ont été menés à terme en utilisant des boues d'anode de Kidd Creek, qui sont caractérisées par de fortes teneurs en Ag, Pb et Se. Des

essais comparés ont révélé que la lixiviation sous pression ammoniacale présente de nets avantages sur les autres procédés hydrométallurgiques; notamment, la voie de la lixiviation ammoniacale permet de réduire la durée de rétention et permet de meilleures récupérations du Cu et du Se. Une évaluation de la possibilité de faire breveter cette technique est en cours.

Contrats:

- Demande 5-9109, "Mise au point d'une méthode améliorée pour surveiller la composition de l'électrolyte dans l'affinerie de cuivre" (Development of an improved method for monitoring the composition of electrolyte in the copper refinery), INCO Ltd. D.S. - D.J. MacKinnon.

Rapports/Communications:

- T.T. Chen et J.E. Dutrizac, "Caractérisation minéralogique de boues d'anode provenant de l'affinerie de cuivre de Kidd Creek" (Mineralogical characterization of anode slimes from the Kidd Creek copper refinery); Rapport de division MSL 86-103 (J).

- T.T. Chen et J.E. Dutrizac, "Une étude minéralogique du cuivre d'anode et des boues d'anode d'affinerie de cuivre" (A mineralogical study of anode copper and copper refinery anode slimes); 25ème conférence annuelle des métallurgistes, Toronto (Ontario), août 1986.

- T.T. Chen et J.E. Dutrizac, "Minéralogie du cuivre d'anode et des boues d'anode de cuivre provenant de l'affinerie de cuivre de Kidd Creek" (Mineralogy of anode copper and copper anode slimes from the Kidd Creek copper refinery), Réunion relative au projet de recherche mixte CANMET-Industrie-Université, Timmins (Ontario), juin 1986.

Extraction - matières radioactives

- **Projet 30.61.01:** Mise au point d'un procédé de traitement de l'uranium
  Chef de projet : G.M. Ritcey

Objectifs:

Améliorer sensiblement les procédés d'extraction d'uranium aux chapitres de la récupération des sous-produits, de l'efficacité des procédés, de la rentabilité économique et de l'incidence environnementale.

L'industrie canadienne de l'uranium est une industrie bien établie et prospère. Toutefois, avec l'apparition de nouveaux minerais et les préoccupations d'ordre environnemental grandissantes, les limites du procédé classique de lixiviation à l'acide sulfurique deviennent de plus en plus manifestes. Au CANMET, un examen systématique de ce procédé a révélé plusieurs secteurs où une nouvelle technologie pourrait être appliquée, en faisant appel à la métallurgie au chlorure. Il est intéressant de noter que les avantages pourraient converger vers un procédé entièrement nouveau qui intégrerait les points forts des deux méthodes. Les avantages de ce procédé pourraient jouer un rôle déterminant dans les usines de traitement de l'uranium de l'avenir.

a) Comme par les années passées, les recherches liées au projet sur l'uranium ont été axées sur la mise au point d'un procédé de lixiviation susceptible de permettre des niveaux d'extraction élevés de U, Ni, As et Ra, d'un minerai d'uranium à forte teneur du Nord de la Saskatchewan. Trois voies ont été étudiées: i) la prélixiviation du radium suivie par la lixiviation au HCl de l'U, du Ni, et de l'As et du Ra résiduel; ii) la lixiviation au HCl du minerai d'uranium seulement; et iii) la lixiviation à contre-courant à l'acide.

i) Toutes ces études ont été faites sur des minerais d'uranium de Midwest Lake. Le minerai d'uranium de Midwest Lake broyé à 50 % à une taille de -0,007 cm a d'abord été traité dans une solution de 2 M KCl, à 50 °C, ayant une teneur en solides de 25 %, durant deux heures. Quelque 60 % du radium a été extrait. Ce minerai d'uranium ayant fait l'objet d'un lessivage préalable du radium, a fait l'objet d'un traitement au HCl (88,0 kg/t), à 70 °C, durant quatre heures, avec une teneur en solides de 50 %, et en utilisant O_2 comme oxydant, on a obtenu des taux de récupération d'U de 99,5 %, de Ra de 98 %, de Ni de 88 % et d'As de 90 %; la proportion de radium dans le résidu de lixiviation final était de 108 pCi par gramme de matières solides.

ii) La lixiviation au HCl faite uniquement sur le minerai d'uranium de Midwest Lake a donné des niveaux élevés d'extraction d'U, de Ni et d'As, mais, par ailleurs, l'extraction de radium était d'à peine 93 %; la proportion de radium dans le résidu de lixiviation était de 381 pCi par gramme de matières solides.

iii) Des lixiviations à contre-courant à l'acide (HCl ou H_2SO_4) ont été faites sur des minerais d'uranium de Midwest Lake et sur un minerai d'uranium d'Elliot Lake. Les résultats des essais ont indiqué que la lixiviation à contre-courant au H_2SO_4 en quatre étapes, d'un minerai d'uranium d'Elliot Lake, produisait des extractions élevées non seulement d'U (97 %) et de Th (86 %) mais également de radium (40 %) lorsqu'on utilisait O_2 (g) comme oxydant; le résidu de la lixiviation contenait encore de 180 à 190 pCi de radium par gramme de matières solides. En outre, la lixiviation à contre-courant au HCl en quatre étapes du minerai d'uranium de Midwest Lake a produit des extractions générales de 99,5 % dans le cas de l'U, de 80 % dans le cas du Ni, de 81 % dans le cas de l'As et de 96 % dans le cas du Ra. Toutefois, les résidus de la lixiviation contenaient encore 226 pCi de radium par gramme de matières solides.

b) Adsorption du radium

La barytine de taille particulaire fine (0,003 cm) constitue un adsorbant potentiellement efficace du radium contenu dans la surverse des bassins de retenue des résidus d'uranium. Le traitement en colonne en utilisant une matière particulaire fine s'est révélé inexploitable, notamment en aval. L'exploitation en amont s'est traduite par une dérivation ou un court-circuitage, selon les taux d'écoulement, ou débits-masses, utilisés.

Un réacteur à agitation mécanique a été utilisé, avec une pulpe contenant 5 % de solides (barytine). La solution d'alimentation, dont l'effluent au lysimètre titrait quelque 100 pCi de Ra^{226} par litre, était pompée dans l'unité à un débit-masse qui s'est traduit par une durée de rétention dans la pulpe de 5,5 heures.

La production, à ce jour, avec une exploitation continue, s'établit à 65 L par gramme de barytine pour une quantité totale de solution traitée équivalant à 3,2 tonnes. À ce jour, l'efficacité de l'adsorption s'établit à quelque 85 % du radium alimenté. La charge estimative est supérieure à 5 000 pCi par gramme de barytine.

Pour les quelque 2,5 tonnes initiales d'alimentation, l'adsorption a presque atteint 100 % (effluent < 4 pCi/L). Les fuites sont actuellement en moyenne de quelque 15 pCi/L, même si l'analyse de rétroaction indique des fluctuations considérables de la teneur en radium, soit de < 4 pCi/L à ∿30 pCi/L. Les essais se poursuivent.

Rapports:

- K.E. Haque, "La faisabilité de la lixiviation du radium contenu dans des minerais d'uranium" (The leachability of radium from uranium ores); Rapport de division MSL 86-21 (OP&J).

- K.E. Haque, "La lixiviation au chlorure acide du minerai d'uranium de Midwees Lake" (Acid chloride leaching of Midwest Lake uranium ore); Rapport de division MSL 86-66 (J).

- K.E. Haque et J.E. Laliberté, "La lixiviation acide à contre-courant d'un minerai d'uranium à faible teneur et d'un minerai d'uranium à haute teneur" (Counter-current acid leaching of a low-grade and a high-grade uranium ore); Rapport de division MSL 85-109 (J).

Normes et spécifications

- **Projet 30.69.01:** Matériaux de référence
  Chef de projet : C.W. Smith

Objectifs:

Préparer et homologuer des échantillons de minerais, de concentrés, de métaux et d'autres matériaux apparentés destinés à servir de matériaux de référence (pour les compositions), au moyen de programmes internes et de programmes conjoints entre laboratoires. La compilation des données méthodologiques fournies par ces divers programmes est d'une grande utilité pour le CANMET et pour les autres organismes qui s'occupent d'analyse. En 1986-1987, dans le cadre du Programme canadien des matériaux de référence (PCMR), quelque 1 500 échantillons de matériaux de référence ont été distribués à des utilisateurs canadiens et étrangers, initiative qui a généré des recettes d'environ 124 000 $.

Le PCMR vise à répondre à la demande des laboratoires industriels et commerciaux et des laboratoires de recherche canadiens en matières géologiques. Par ce programme, le CANMET fournit l'expertise et les installations, de même que la continuité et l'impartialité, qui sont essentielles pour donner aux matériaux de référence un certain degré de crédibilité à long terme et pour les faire accepter par le public. Dans la plupart des autres pays industrialisés, la production des produits de référence a aussi été confiée à des organismes gouvernementaux.

a) Situation actuelle

Au cours de la période à l'étude, l'évaluation et la documentation en vue de l'homologation ont été menées à terme en rapport avec six nouveaux matériaux de référence. Les matériaux de référence des minerais d'or MA-1a, MA-2a et MA-3, des radionuclides végétatives CLV-1 et CLV-2 ainsi que du minerai d'uranium d'équilibre séculaire CUP-1 ont été offerts sur le marché, par l'intermédiaire du PCMR. Les travaux d'évaluation et de documentation relatifs à une série de sept alliages de zinc/aluminium moulés (NZA-1 à NZA-7) ainsi qu'un minerai de britholite porteur de thorium/lanthanide (OKA-2) sont presque terminés.

Durant cette période, les laboratoires d'analyse des secteurs industriels, gouvernementaux et commerciaux ont continué de fournir des mesures spécialisées dans le cadre des programmes d'homologation du PCMR. Les analyses faites par le Laboratoire de chimie des LSM, ont fourni des renseignements critiques applicables à l'évaluation de la composition et de l'homogénéité des matériaux de référence proposés ainsi que des mesures en laboratoire spécialisées pour les programmes d'homologation. Un matériau de référence de concentré de cuivre proposé, le CCU-1a, a été préparé et distribué à trente-cinq laboratoires, qui doivent effectuer des mesures sur dix-huit éléments constituants. Le matériau de concentré d'uranium CUP-2 a été préparé et distribué à dix-huit laboratoires, qui doivent faire des mesures sur vingt éléments constituants, susceptibles de faire l'objet de devis techniques lors de transactions commerciales. Un matériau de concentré de zinc, le CZN-2, a été préparé en vue de servir de matériau de référence proposé pour un programme éventuel.

Le PCMR a également fourni aux LSM une expertise et des installations pour la production de matériaux de référence, pour des organismes extérieurs :

- Onze matériaux de référence de bain électrolytique pulvérisés ont été préparés pour les Laboratoires de recherche d'Arvida, de la société Alcan International Ltée.

- Un matériau de référence radiométrique de thorium (RGTh-1) a été préparé et caractérisé pour l'Agence internationale de l'énergie atomique, établie à Vienne, en Autriche.

- Quatre matériaux de référence de sédiments lacustres ont été préparés pour l'Institut national de la recherche sur la qualité de l'eau, CCEI, Burlington, Ontario.

- Un matériau de référence de sédiments océaniques a été préparé pour la Division de la chimie analytique, du Conseil national de recherches Canada, Ottawa.

- Un projet de Norme nationale de la résistance à la compression du ciment, actuellement en voie d'homologation par l'Association canadienne de normalisation, a été mis en réserve, en attendant sa disponibilité éventuelle par l'intermédiaire du PCMR.

Le personnel du Laboratoire de métallurgie extractive des LSM, a fourni une expertise statistique et un soutien informatique essentiel à la réalisation du Programme canadien des matériaux de référence. Il a également dispensé une formation dans le domaine de l'application des méthodes statistiques à l'évaluation des matériaux de référence, à un chercheur scientifique en visite, du Centre pour la technologie minérale et énergétique (CETEM), de Rio de Janeiro, au Brésil. Cette collaboration a permis au CANMET de convertir un bloc de calculs statistiques du programme original utilisé sur gros ordinateur, à un format utilisable sur ordinateur personnel.

b) Comité international des matériaux de référence ISO/REMCO (Comité des matériaux de référence)

Ce Comité du Conseil de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) est responsable de la préparation des Guides ISO concernant tous les aspects des matériaux de référence. Deux cadres des LSM ont participé aux travaux du comité. Durant l'année, la préparation du Guide ISO 33 intitulé "Les diverses formes d'utilisation des matériaux de référence pour l'évaluation des méthodes de mesure", a été menée à terme.

c) Cordiérite

La préparation des échantillons destinés aux mesures des propriétés diffusives thermiques de la cordiérite, un matériau de référence susceptible de servir de norme pour la détermination du transport thermique, proposé par le Centre National de la Recherche Scientifique, de l'Université d'Orléans, est partiellement achevée. On procède actuellement à des mesures thermiques.

Des mesures de la résistance électrique du graphite POCO AXM-5Q1, un matériau de référence susceptible de servir de norme pour la détermination des propriétés thermophysiques, proposé par le Bureau national de normalisation des États-Unis, ont été achevées.

Contrats:

Approvisionnements et Services Canada, contrats portant les numéros 23440-6-9051/01-SQ à /06-SQ "Mesures analytiques liées à l'homologation du matériau de référence de concentré d'uranium CUP-2".

/01-SQ: Nuclear Activation Services Ltd., Hamilton (Ontario)
/02-SQ: Kamloops Research and Assay Laboratory Ltd., Kamloops (Colombie-Britannique)
/03-SQ: Saskatchewan Research Council, Saskatoon (Saskatchewan)
/04-SQ: X-Ray Assay Laboratories Ltd., Don Mills (Ontario)
/05-SQ: Bondar-Clegg and Company Ltd., Ottawa (Ontario)
/06-SQ: Barringer Magenta Ltd., Rexdale (Ontario)

Autorité scientifique pour les contrats énumérés ci-avant: J.L. Dalton

Rapports/publications:

- J.L. Dalton et W.S. Bowman, "CUP-1 - Un minerai de référence d'uranium homologué" (CUP-1 - A certified uranium reference ore), PCMR 86-2E.

- J.L. Dalton et W.S. Bowman, "Matériaux de référence d'origine végétale contenant des radionucléides" (Vegetative radionuclide reference materials); NUTP-4E.

- J.L. Dalton et C.E. Dunn, "Brindilles et aiguilles d'épinette riches en radionuclide comme matériaux de référence analytique" (Radionuclide-rich spruce twigs and needles as analytical reference materials); Rapport de division MSL 86-140 (J). (Communication acceptée pour publication dans J Radioanalytical and Nuclear Chemistry).

- V.V. Mirkovich, "Anisotropie de la résistance électrique d'un graphite Poco AXM-5Q1" (Electrical resistance anisotropy of a Poco AXM-5Q1 graphite); Rapport de division MSL 86-126 (J).

- C.W. Smith, H.F. Steger et W.S. Bowman, "Minerais de référence d'or homologués MA-1a, MA-2a, et MA-3" (MA-1a, MA-2a, MA-3: Certified gold reference ores"; CRMP 86-1E).

- C.W. Smith, H.F. Steger et W.S. Bowman, "L'homologation de concentrations de thorium et d'uranium dans les matériaux de référence OKA-2 du PCMR" (The certification of thorium and uranium concentrations in CCRMP reference materials OKA-2); Rapport de division MSL 86-154 (IR).

• **Projet 30.69.02:** Méthodes analytiques
Chef de projet : J.C. Hole

Objectifs:

Mettre au point et améliorer les installations de laboratoire, les techniques et les méthodes d'analyse, principalement pour aider le CANMET à réaliser ses programmes, et participer aux travaux des groupes de travail et des comités d'organismes nationaux et internationaux qui sont chargés de trouver et de diffuser l'information sur les méthodes analytiques normalisées.

1. Recherches analytiques et mise au point de méthodes

a) Dosage de l'arsenic dans les minerais, les concentrés et les matières apparentées par spectrophotométrie d'absorption atomique en four de graphite

Une méthode de dosage en four de graphite, comprenant l'utilisation de palladium et de thio-urée comme modificateurs de matrice, a été mise au point: elle permet le dosage de teneurs de quelque 0,2 µg/g d'arsenic, ou plus, dans des minerais, des concentrés, des roches, des sols et des sédiments, après la séparation de l'arsenic des éléments de la matrice par extraction au cyclohexane, sous forme de xanthate provenant d'acide chlorhydrique 8-10 M.

b) Dosage de la thio-urée en liberté dans les solutions de lixiviation contenant de l'or

Une méthode semi-quantitative, basée sur la réaction entre l'acide nitreux et la thio-urée, pour former l'acide sulfocyanique et la mesure ultime du complexe sulfocyanate de fer (III) a été mise au point pour faire le dosage de la thio-urée inaltérée dans les solutions de lixiviation provenant du traitement des concentrés d'arsénopyrite et de chalcopyrite.

c) Analyse des boues d'anode

L'étape classique de l'essai de fusion au feu a été modifiée afin de permettre le dosage de l'or et de l'argent retenus dans les boues d'anode contenant d'importantes quantités de sélénium et de plomb. Une méthode de décomposition à l'acide a également été mise au point, pour ces matières, afin de permettre le dosage de certains éléments, sans perte, par la spectroscopie au plasma.

d) Dosage de l'or et de l'argent dans les balayures de la Monnaie royale canadienne

La méthode gravimétrique applicable au dosage de l'or et de l'argent dans les balayures de l'affinage de l'or de la Monnaie royale canadienne, a été améliorée et rendue plus efficace. La méthode a été appliquée à de nombreux échantillons.

e) Dosage des éléments des terres rares dans les aciers et les matériaux avancés par chromatographie d'échange ionique dynamique à haut rendement

Les méthodes de CPLHR d'échange ionique dynamique font l'objet d'études afin de faire des dosages de teneurs de quelque 1 µg/g de néodymium, de praséodyme, de cérium et de lanthane, dans les aciers, les alliages non ferreux et les matériaux avancés, sans séparation ou concentration préalable. Ces éléments ont également été dosés, au niveau de 25 %, dans des alliages supermagnétiques.

f) Dosage des éléments des terres rares dans les minerais, par chromatographie d'échange ionique dynamique

On a appliqué directement une méthode de chromatographie d'échange ionique dynamique pour effectuer rapidement la séparation et le dosage de quantités d'éléments de terres rares et d'yttrium de divers minerais, après décomposition de l'acide. Par l'optimisation des paramètres de l'appareillage, ces éléments peuvent être dosés en la présence d'uranium, de thorium et de divers autres ions de métal.

g) Dosage des acides organiques de faible poids moléculaire dans les solutions de lixiviation lysimétriques par chromatographie liquide à haut rendement

On a utilisé un procédé d'échange ionique en phases inversées avec un échangeur d'ion absorbé "en permanence", allié à la détection par absorption de lacunes d'ultraviolet, pour faire le dosage de concentrations d'acides

acétique, lactique, propionique et pyrurique à l'état de traces (de 0,1 à 0,3 x 10^{-3} M) dans des solutions de lixiviation recueillies dans le cadres d'études sur l'utilisation de boucliers ou d'écrans d'oxygène biologiques, à la surface des dépôts de résidus d'exploitation minière. Dans le but d'améliorer le dosage, on étudie la possibilité de faire une séparation préalable des ions de sulfate dans une colonne de concentrateur.

h) Application de la chromatographie en phase gazeuse à l'analyse de produits de solvant d'extraction

La chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire a été appliquée à la détection de produits d'oxydation et de décomposition dans les phases dibutyléther d'isodécanol et de diéthylène glycol, dans le cadre d'études sur l'extraction de l'or au solvant.

i) Analyse de solutions organiques par fluorescence f à rayons X

Une méthode interne normalisée a été mise au point pour faire le dosage direct d'éléments de numéro atomique supérieur à 21, dans les solutions organiques. Les problèmes d'étalonnage comprennent la disponibilité de matériaux d'étalonnage appropriés et de méthodes applicables à la préparation de solutions d'étalonnage appropriées.

j) Technologie des traces de fission

Des méthodes comportant l'activation des neutrons, l'attaque chimique et le décompte des traces de fission, ont été mises au point afin de permettre la détermination de l'âge géologique, ainsi que les concentrations sous-ppb d'uranium dans des solutions aqueuses, par datation des traces de fission. Cette méthode permet de dater la plupart des minéraux, le zircon excepté.

k) Manuel de laboratoire de l'Agence internationale de l'énergie atomique

Le personnel du Laboratoire de chimie des LSM participe aux travaux d'un comité chargé de préparer, pour l'AIEA, un manuel de laboratoire sur la chimie analytique de l'industrie de l'exploration, de l'extraction et du traitement de l'uranium. Huit rapports décrivant les méthodes devant figurer dans ce manuel, ont été rédigés.

l) Analyse spectrométrique d'émission atomique à plasma couplé inductivement

Un deuxième spectromètre PCI en série, acquis au cours de la période à l'étude, a été appliqué à des analyses régulières. Cet appareil permet de faire un nombre d'analyses nettement supérieur, notamment dans le cas des analyses multi-éléments, à celui permis par le premier spectromètre. Une technique de préparation des échantillons aux micro-ondres, en vue du dosage de l'arsenic et de l'antimoine, a réduit de beaucoup le temps de préparation et a amélioré le rendement de l'appareillage.

m) Système d'information informatisé LIMS pour le Laboratoire de chimie

Le projet de mise en place d'un réseau de micro-ordinateurs, pour raccorder chacune des sections du Laboratoire de chimie, se poursuit, selon le calendrier prévu; des offres ont été reçues, relativement à la mise en place

du premier élément du réseau. Un contrat conclu avec le Bureau des conseillers en gestion, d'Approvisionnements et Services Canada, visant la prestation d'un programme unique de gestion des données des utilisateurs, a été exécuté. Ce programme remplacera le système existant de rapports d'analyse et permettra de connaître, directement, le statut de tous les échantillons; il assurera un service de courrier électronique ainsi qu'un service d'inventaire des magasins de produits chimiques.

n) Système de spectroscopie à l'infrarouge par transformation de Fourier

Un appareil Digilab FTS-40, doté d'une chambre d'échantillon extérieure, a été acquis et mis en place. L'appareil a été aligné et mis à l'épreuve en utilisant des échantillons provenant de divers projets, et les possibilités d'appliquer le logiciel à la manipulation de données requise, ont été examinées. Le rendement de l'appareillage est satisfaisant.

o) Examen à l'infrarouge de précipités provenant de solutions de lixiviation à la thio-urée

Des comparaisons de produits préparés d'oxydation à la thio-urée ont révélé que la part organique complexée au cuivre, dans le précipité, était de la thio-urée. Le métal était complexé à travers l'atome de soufre de la thio-urée en un composé contenant également des ions de sulfate. Certains autres matériaux présentant un intérêt dans le cadre d'études d'extraction au solvant de complexes de thio-urée, ont été examinés par spectroscopie à l'infrarouge.

p) Système d'information informatisé au Laboratoire de chimie

Un nouveau fichier de numération de projet ainsi qu'un nouveau sous-programme pour valider et remplacer les numéros d'entrée de données, ont été rédigés, afin de tenir compte des modifications apportées aux numéros de projet, pour l'année financière 1986-1987.

Rapports:

2. Élaboration des normes

a) ISO/TC 102 (minerais de fer)

Cette année encore, le CANMET a apporté une contribution importante aux travaux de ce comité technique de l'Organisation internationale de normalisation.

i) ISO/TC 102/SC 1 (échantillonnage)

En plus de l'examen suivi des diverses normes relatives à l'échantillonnage des minerais de fer, le sous-comité étudie également les possibilités d'application de "variogrammes" à l'échantillonnage des minerais de fer. Un cadre des LSM représente le Canada au groupe de travail constitué pour cette étude.

ii) ISO/TC 102/SC 2 (analyse chimique)

Un cadre des LSM préside ce sous-comité et collabore aux travaux de recherche en cours. Deux études inter-laboratoire ont été achevées et plusieurs communications techniques ont été revues.

iii) ISO/TC 102/SC 2/WG 12 (analyse chimique - groupe de travail sur les données statistiques)

Un cadre des LSM convoque ce groupe de travail, qui évalue les données statistiques de tous les essais internationaux faits par le sous-comité. Huit groupes d'essais internationaux ont été achevés et évalués. Les résultats de ces essais ont contribué à l'acceptation, en principe, de ces méthodes d'analyse comme normes de l'ISO.

b) ISO/TC 183 (concentrés et minerais de cuivre, de plomb et de zinc)

Deux cadres des LSM sont membres du Comité consultatif canadien auprès de ce comité technique de l'ISO.

i) Analyse chimique

Deux méthodes d'analyse de CANMET, applicables à la détermination de l'or et de l'argent contenus dans des concentrés de plomb et de zinc, ont été proposées aux essais pour servir de normes internationales.

ii) ISO/TC 183/WG 10 (évaluation statistique de programmes d'essai)

Un cadre des LSM convoque ce groupe de travail. Six essais internationaux, au stade de la normalisation, ont été menés à terme; les résultats ont fait l'objet d'une évaluation et d'un rapport statistique.

c) ISO/TC 69 (application de méthodes statistiques)

Ce comité technique est chargé de mettre au point les normes génériques régissant l'application des méthodes statistiques utilisées par les autres comités techniques de l'ISO. Un cadre des LSM représente le Canada à ce groupe de travail sur la révision de ISO 5725, une norme générique applicable à la détermination de l'exactitude des méthodes d'essai. Cette même personne préside également le Comité consultatif canadien des sous-comités 3 et 6 et elle convoque le comité SC 6/WG 4 sur les matériaux de référence.

d) Cueillette et stockage des données à l'échelle internationale

Les LSM servent de centre international pour les données analytiques générées par les comités ISO/TC 102 et ISO/TC 183. Les bases de données ainsi que les programmes de récupération et d'évaluation statistique des données sont créés et tenus à jour par le personnel des LSM, au moyen des installations du Centre des services informatiques de EMR.

Rapports:

- D.J. Barkley, K.N. Villeneuve et T.E. Dahms, "Colonnes enrobées de façon dynamique et permanente pour la détermination par chromatographie en phase liquide, d'espèces anioniques contenues dans des échantillons prélevés dans le cadre d'études sur des méthodes de contrôle de la pollution environnementale" (Dynamically and permanently coated columns for liquid chromatographic determination of anionic species in samples from environmental control process); Rapport de division MSL 86-111 (OP).

- P.E. Moloughney, "Dosage de métaux précieux dans un sous-produit de la Monnaie royale canadienne" (Determination of precious metals in a byproduct from the Royal Canadian Mint); Rapport de division MSL 86-7 (CR).

- R. Sutarno, "Réunion du Comité ISO/TC 183, Sydney, Australie, du 27 avril au 2 mai 1986. Rapport de l'agent de convocation WG 10" (ISO/TC 183 Meeting, Sydney, Australia 1986-04-27 to 1986-05-02. Report of WG 10 convener); Rapport de division MSL 86-70 (TR).

- R. Sutarno, "ISO/TC 102/SC 2 - Treizième réunion internationale, à Tokyo, au Japon, du 9 au 14 novembre 1986" (13th International Meeting Tokyo, Japan, 1986-11-9/14); Rapport de division MSL 86-168 (TR).

- R. Sutarno et W.S. Bowman, "ISO/TC 183/WG 4A - Dosage du cuivre dans des concentrés de cuivre par une méthode électrogravimétrique - évaluation statistique de données d'essai internationales 1984-1986" (Determination of copper in copper concentrates by electrogravimetric method - statistical evaluation of international test data 1984-1986); Rapport de division MSL 86-30 (IR).

- R. Sutarno et W.S. Bowman, "ISO/TC 183/WG 1A - Dosage de l'or et de l'argent dans des concentrés de cuivre par la méthode d'essai au feu - évaluation statistique de données d'essai internationales 1984-1986" (Determination of gold and silver in copper concentrates by fire assay method - statistical evaluation of international test data 1984-1986); Rapport de division MSL 86-39 (IR).

- R. Sutarno et W.S. Bowman, "ISO/TC 183/WG 10 - Détermination de la précision de méthodes d'analyse au moyen d'essais internationaux - essais applicables aux éléments hors champ" (Determination of precision of analytical procedures by international trials - tests for outliers); Rapport de division MSL 86-52 (IR).

- R. Sutarno et W.S. Bowman, "ISO/TC 102/SC 2/WG 19B - Dosage du vanadium contenu dans des minerais de fer par la méthode de spectrophotométrie "BPHA" - analyse statistique de données d'essai internationales - 1986" (Determination of vanadium content in iron ores by BPHA spectrophotometric method - statistical analysis of international test data - 1986); Rapport de division MSL 86-99 (IR).

- R. Sutarno et W.S. Bowman, "ISO/TC 183 - minerais et concentrés de cuivre, de plomb et de zinc - essais internationaux durant la période de 1984-1986" (ISO/TC 183 - copper, lead and zinc ores and concentrates - international tests during the period of 1984-1986); Rapport de division MSL 86-100 (OP).

- R. Sutarno et W.S. Bowman, "ISO/TC 102/SC 2/WG 25B et WG 28A - Dosage du phosphore des minerais de fer par des méthodes de spectrophotométrie au bleu de molybdène - analyse statistique de données d'essai internationales - 1986" (ISO/TC 102/SC 2/WG 25B and WG 28A - Determination of phosphorus content in iron ores by molybdenum blue spectrophotometric methods - statistical analysis of international test data - 1986); Rapport de division MSL 86-116 (IR).

- R. Sutarno et W.S. Bowman, "ISO/TC 102/SC 2/WG 21B - minerais de fer - dosage du nickel, du chrome, ou du nickel et du chrome, par la méthode de l'absorption atomique de flamme, analyse statistique de données d'essai internationales - 1986" (ISO/TC 102/SC 2/WG 21B - iron ores - determination of nickel and/or chromium content by flame atomic absorption method statistical analysis of international test data - 1986); Rapport de division MSL 86-128 (IR).

- R. Sutarno et W.S. Bowman, "ISO/TC 102/SC 2/WG 26B - minerais de fer - dosage du manganèse par la méthode de la spectrométrie par absorption atomique, analyse de données d'essai internationales - 1986" (ISO/TC 102/SC 2/WG 26B - iron ores - determination of manganese content by atomic absorption spectrometric method statistical analysis of international test data - 1986); Rapport de division MSL 86-130 (IR).

- **Projet 30.69.03:** Agrégats/béton - Essais et normes
  Chef de projet : G.G. Carette

Objectifs:

Fournir de l'expertise et de l'information technique aux organismes de normalisation canadiens et internationaux qui s'occupent des agrégats et du béton, en mettant au point des essais in situ, des méthodes d'essais non destructeurs et d'autres types d'essais, en assurant la coordination du programme d'essais comparés d'échantillons de ciment de l'ACNOR, en organisant des conférences sur l'utilisation des essais non destructeurs et des nouveaux produits entrant dans la composition des bétons, et en participant aux comités de l'ACNOR, de l'ACI, de l'ASTM, de l'ISO, et à d'autres groupes.

Les normes et les essais sur les agrégats et le béton contribuent beaucoup à garantir que le comportement du béton sera conforme aux devis des projets de construction, et aident ainsi à protéger les intérêts du public et à assurer sa sécurité.

a) Programme conjoint et comparé d'échantillonnage des ciments de l'ACNOR

À la demande du Comité d'étude des ciments hydrauliques de l'ACNOR et de l'industrie canadienne du ciment, les Laboratoires canadiens d'essai des ciments et le CANMET ont entrepris à la fin de 1978 un projet conjoint pour évaluer les spécifications et les méthodes d'essais actuellement utilisées au Canada relativement aux ciments. Le CANMET s'occupe de la coordination de ce programme; il est chargé de son organisation générale et, notamment, de la préparation et de la distribution des échantillons d'essai et de la compilation, de l'analyse et de la publication des données expérimentales. Les échantillons de ciment utilisés aux fins de ce programme sont prélevés à

même la production courante d'une cimenterie choisie au hasard parmi les entreprises participantes. L'échantillon de ciment nº 41 a été réparti et distribué à 25 laboratoires, au pays.

À la demande du Comité d'étude des ciments hydrauliques de l'ACNOR, le CANMET a également entrepris un nouveau programme national d'échantillons de ciment de référence, afin de fournir à l'industrie un moyen de vérifier les méthodes d'essai qu'elle utilise. L'échantillon de référence devait être disponible au cours de l'été 1987, et être diffusé dans le cadre du Programme canadien de matériaux de référence certifiés.

b) Deuxième conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des vapeurs de silice, des laitiers et des pouzzolanes naturelles dans le béton

Le CANMET, en association avec l'American Concrete Institute, des États-Unis, a parrainé la Deuxième conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des vapeurs de silice, des laitiers et des pouzzolanes naturelles dans le béton, qui a eu lieu en avril 1986 à Madrid. La conférence de cinq jours a connu un vif succès, et plus de 450 délégués de 36 pays y ont participé. Au total, 120 communications techniques, ont été présentées, et 78 d'entre elles ont été publiées dans le compte rendu (2 tomes de quelque 800 pages chacun).

c) Atelier international sur le béton destiné aux ouvrages construits en mer

Le CANMET a également parrainé la réunion très fructueuse de l'atelier sur "Le béton destiné aux ouvrages construits en mer", tenu en septembre 1986 à St-Jean (T.-N.). L'atelier de deux jours, qui a surtout traité des problèmes associés à la conception et à la construction des ouvrages en mer, a réuni plus de 120 participants, venus tant de l'Amérique du Nord que de l'Europe.

d) Atelier international sur les fumées de silice condensées dans le béton

Le programme final d'un atelier international de deux jours sur "Les fumées de silice condensées dans le béton", a été rendu public. L'atelier, qui sera parrainé par le CANMET conjointement, devrait se tenir à Montréal en mai 1987 et comporter 24 communications techniques.

La planification est également en cours pour parrainer, en co-participation, la tenue d'un atelier de deux jours sur "Les laitiers dans le béton", à Hamilton (Ontario), en octobre 1987.

- **Projet 30.69.04:** Céramiques résistantes aux chocs thermiques
  Chef de projet : V.V. Mirkovich

Objectifs:

Mieux comprendre les ruptures dues aux chocs thermiques et vérifier la validité d'une théorie élaborée au CANMET sur la corrélation quantitative appliquée à la prévision de la résistance aux chocs thermiques des matériaux cassants.

La validité de la corrélation quantitative formulée par le CANMET a été démontrée dans des études antérieures sur les céramiques et d'autres produits minéraux. Pour étendre la portée de cette corrélation, six types de briques réfractaires commerciales, ayant une grande résistance aux chocs thermiques, ont été éprouvés. Les résultats ont démontré que cinq des six briques étaient nettement différentes des matériaux déjà étudiés. La corrélation entre les propriétés thermophysiques et la perte de résistance attribuable aux chocs thermiques n'a que partiellement réussi. Pour obtenir une meilleure corrélation, l'étude devrait être étendue à une plus grande variété de matériaux cassants.

Rapport:

- V.V. Mirkovich et K.E. Bell, "Étude sur la résistance aux chocs thermiques de six matériaux réfractaires" (Thermal shock resistance study of six refractories); Rapport de division MSL 86-171 (J).

Récupération de sous-produits

- **Projet 30.77.01:** Récupération de l'argent dans l'industrie du zinc
  Chef de projet : J.E. Dutrizac

Objectifs:

Relever le taux de récupération de l'argent jusqu'à plus de 75 % dans les installations canadiennes de traitement de zinc. Il faudra pour ce faire expliquer le comportement de l'argent dans les circuits de traitement du zinc, classiques et proposés, et déterminer les bilans chimiques et minéralogiques de l'argent de ces opérations. La mise au point, au banc et en mini installation pilote, de nouvelles techniques de traitement susceptibles de permettre d'améliorer le taux d'extraction de l'argent dans les installations de traitement du zinc d'ici 1987, constitue un objectif tout aussi important. Le succès du projet se mesurera par la valeur des rapports scientifiques et par celle des nouveaux procédés de traitement visant à accroître le taux de récupération de l'argent.

Le Canada est le plus grand fournisseur mondial de concentrés de zinc, et l'un des principaux producteurs de zinc métal. Tous les concentrés de zinc canadiens marchands contiennent de l'argent susceptible d'être éventuellement récupéré. Les taux de récupération de ce métal précieux, dans les usines canadiennes varient actuellement de 0 % à plus de 90 %. En raison de la valeur de l'argent, comme sous-produits, plusieurs recherches sur sa récupération ont déjà été faites, et plusieurs études sont en cours, mais les succès obtenus à ce jour sont minces. Il est donc essentiel d'entreprendre un examen critique et minutieux de toute la question du comportement et de la récupération de l'argent dans l'industrie du zinc, de la caractérisation du minerai à celle des produits et résidus finals, en passant par les diverses étapes du traitement.

a) Recherches minéralogiques

Les recherches se poursuivent sur l'acidification des formes minérales de l'argent dans les résidus et les concentrés de zinc. La technique de la microsonde à proton a été appliquée à la détection de l'argent en quantités

de trace dans des minerais sulfurés complexes du Nouveau-Brunswick, ce qui a permis la définition des niveaux de la substitution de l'argent dans la sphalérite et dans la galène associée. La galène, dans ce minerai, contient 740 ppm d'argent et représente environ ∿30 % de la quantité totale d'argent qu'il y a dans le minerai; la tétraédrite est le principal porteur d'argent dans les concentrés de zinc. Des études plus poussées sur l'action de l'argent sont prévues, au Max Planck Institut fur Kernphysik, Figure 9. Les divers résidus de lixiviation laissés par la lixiviation sous pression à l'oxygène d'un concentré de Zn-Pb-Cu-Ag pyritique, ont également été caractérisés. L'argent se manifeste dans le résidu final, principalement sous forme de tétraédrite argentiane non lessivée et sous forme de jarosite de plomb porteuse d'argent précipité. Les autres principaux porteurs d'argent sont le $PbSO_4$, la galène non lessivée et les particules de gel de sulfate de fer basique. Le traitement des résidus au SO_2 convertit la jarosite en $PbSO_4$ et en structures de sulfure-sulfate complexes, en forme de capsules, entourées de sulfure d'argent.

Les concentrés de flottation faits par la Vieille-Montagne, de Belgique, ont été examinés et comparés à des produits semblables provenant d'alimentations canadiennes. L'argent se manifeste principalement sous forme de sulfure d'argent et de chlorure d'argent, et il est associé à du gel de silice, à du soufre et à de la sphalérite non lessivée. Le résidu de la flottation comportait de la jarosite porteuse d'argent, et il s'agissait du principal porteur d'argent dans cette fraction.

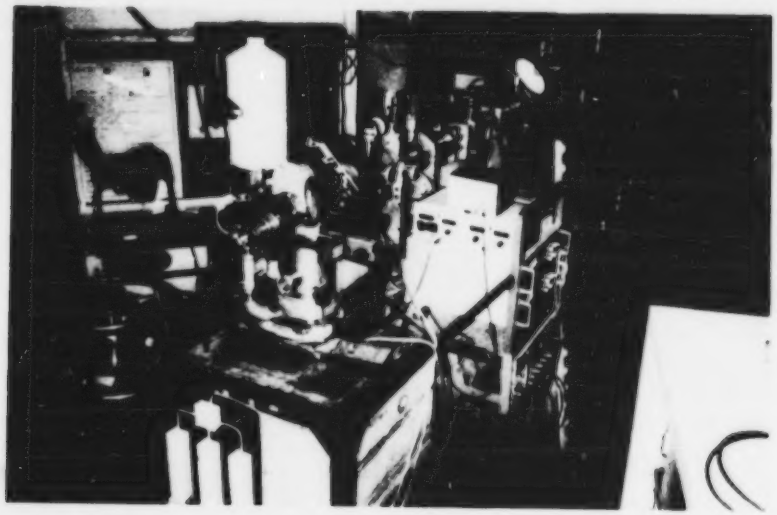


Figure 9. La chambre cible à l'extrémité du faisceau de la microsonde à proton du Max Planck Institut fur Kernphysik, en République fédérale allemande. La première microsonde à proton canadienne devrait être terminée à l'automne de 1987, à l'Université de Guelph.

b) Argent dans le traitement du zinc

L'argent peut être lessivé des résidus de zinc au moyen de thio-urée, et la réaction de la thio-urée avec l'argent métal a été étudiée. On a enregistré des taux d'extraction rapides, qui s'accentuent avec le relèvement des températures. Les effets des concentrations de thio-urée, du Fe^{2+} et du Fe^{3+}, sur la vitesse de réaction ont fait l'objet d'un rapport et la décomposition simultanée du médium de lixiviation à la thio-urée a été étudiée.

L'argent qui passe en solution dans une installation de zinc est souvent précipité sous la forme d'un composé du type jarosite, et le comportement de l'argent, lors de la précipitation de la natrojarosite et de la plombojarosite, a été déterminé. Des pertes extensives d'argent à la phase jarosite ont toujours été observées, l'argent remplaçant le Na^+ ou le Pb^{2+} dans la structure. On en a conclu que les pertes d'argent dans les précipités commerciaux produits dans un milieu de sulfate seraient toujours significatives. Par ailleurs, les précipités de jarosite faits à partir de solutions de traitement au chlorure porteur d'argent sont essentiellement libres d'argent.

Comme les solutions de traitement du zinc contiennent également des ions de chlorure, la solubilité de l'AgCl dans des solutions de traitement de zinc simulé a également été déterminée. La solubilité augmente avec la température et la concentration de H_2SO_4, mais baisse nettement avec l'accroissement de la concentration des chlorures, par suite de l'effet ionique commun. Un rapport sur cette question est actuellement en préparation.

c) Extraction du zinc par voie électrolytique

Dans le cadre d'un projet permanent visant l'optimisation de l'extraction du zinc par voie électrolytique, au moyen d'électrolytes sulfatés acides, les effets de As^{3+} et As^{5+} sur l'efficacité du courant et la morphologie des dépôts ont été déterminés. De la même façon, les effets de quinze autres impuretés ainsi que leurs interactions avec la colle, dans des conditions d'électro-affinage commercial ont été caractérisés.

Les initiatives de récupération de l'argent contenu dans les résidus de la lixiviation du zinc ont été axées sur la flottation et la lixiviation à la thio-urée. Des études se poursuivent afin de déterminer les effets de réactifs de flottation et de la thio-urée sur l'extraction du zinc par voie électrolytique, en utilisant des électrolytes commerciaux. Une communication décrivant l'effet de la thio-urée sur l'efficacité du courant, le comportement de la polarisation et la morphologie et l'orientation des dépôts, a été rédigée. Le travail sur l'identification de méthodes susceptibles de contrer les effets négatifs de la thio-urée, et, dans une moindre mesure, de la colle, est presque terminé.

Contrats:

- Demande 4-9295, "Calcul à partir de données analytiques PIXIE" (Computation of PIXIE analytical data), Université de Guelph. D.S. - L.J. Cabri

- Demande 5-9045, "La récupération de l'argent contenu dans des résidus d'installations de traitement du zinc - Étape II" (Recovery of silver from zinc plant residues - Phase II), Centre de recherche Noranda. D.S. - J.E. Dutrizac

- Demande 5-9129 EEM, "La récupération de l'or et de l'argent contenus dans des résidus de lixiviation sous pression du zinc - Étape I" (Gold-silver recovery from zinc pressure leach residues - Phase I), Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W. Craigen.

- Demande 5-9220 EEM, "La récupération du métal contenu dans les résidus d'oxyde" (Metal recovery oxide residues), Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W. Craigen.

- Demande 5-9264 EEM, "La récupération de l'or et de l'argent contenus dans les résidus de lixiviation sous pression du zinc - Étape II" (Gold-silver recovery from zinc pressure leach residues - Phase II), Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W. Craigen.

- Demande 6-9191 EEM, "La récupération de l'or et de l'argent contenus dans les résidus de la lixiviation sous pression du zinc - Étape III" (Gold-silver recovery from zinc pressure leach residues - Phase III), Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W. Craigen.

Rapports:

- L.J. Cabri, "La minéralogie des métaux préciaux: Innovations et incidences métallurgiques: allocution du président" (The mineralogy of precious metals: New developments and metallurgical implications: Presidential address); Rapport de division MSL 86-55 (OP&J).

- T.T. Chen et J.E. Dutrizac, "Caractérisation minéralogique des résidus de la lixiviation sous pression à l'oxygène, en deux étapes, d'un concentré de zinc-plomb-cuivre-argent pyritique, avec réduction au SO_2 de la fraction de jarosite" (Mineralogical characterization of the residues of the two-stage oxygen pressure leaching of a pyritic zinc lead copper silver concentrate with SO_2 reduction of the jarosite fraction); Rapport de division MSL 86-94 (J).

- J.E. Dutrizac et J.L. Jambor, "Comportement du césium et du lithium lors de la précipitation de composés du type jarosite" (Behaviour of cesium and lithium during the precipitation of jarosite-type compounds); Rapport de division MSL 86-57 (J).

- J.E. Dutrizac et J.L. Jambor, "Le comportement de l'argent pendant la précipitation de la jarosite" (The behaviour of silver during jarosite precipitation); Rapport de division MSL 86-113 (J).

- J.E. Dutrizac et J.L. Jambor, "Le comportement de l'arsenic pendant la précipitation de la jarosite: le mécanisme de la précipitation de l'arsenic" (The behaviour of arsenic during jarosite precipitation: the mechanism of arsenic precipitation); Rapport de division MSL 86-133 (J).

- J.H.G. Laflamme et L.J. Cabri, "L'argent et le bismuth contenus dans la galène provenant de la mine n° 12 de la Brunswick" (Silver and bismuth of galena from the Brunswick No. 12 Mine); Rapport de division MSL 86-91 (IR).

- J.H.G. Laflamme et L.J. Cabri, "La teneur en argent et en antimoine de la galène provenant de la Mine n° 12 de la Brunswick" (Silver and antimony contents of galena from the Brunswick No. 12 Mine); Rapport de division MSL 86-138 (IR).

- D.J. MacKinnon et J.M. Brannen, "Caractérisation de l'effet des impuretés sur l'extraction du zinc par la voie électrolytique" (Characterization of impurity effect in zinc electrowinning); Rapport de division MSL 86-148 (J).

- D.J. MacKinnon, J.M. Brannen et R.M. Morrison, "L'effet de la thio-urée sur la récupération du zinc par la voie électrolytique au moyen d'un électrolyte de sulfate acide industriel" (The effect of thiourea on zinc electrowinnings from industrial acid sulphate electrolyte); Rapport de division MSL 86-62 (J).

- R.M. Morrison, "L'effet de la thio-urée sur la cinétique de la dissolution de l'argent métal dans des média de sulfate ferrique-acide sulfurique" (The effect of thiourea on the dissolution kinetics of silver metal in ferric sulphate-sulphuric acid media); Rapport de division MSL 86-159 (J).

- L.K. Tan et J.E. Dutrizac, "La détermination de la solubilité de l'arsenic III et de l'arsenic IV dans des solutions de lixiviation contenant du sulfure de zinc par chromatographie ionique en utilisant des détecteurs à pulsions, en trois étapes, du potentiel électrochimique et de la conductivité" (Solubility determination of arsenic III and arsenic IV in leaching solutions containing zinc sulphide by ion chromatography with triple step pulse potential electrochemistry and conductivity detectors); Rapport de division MSL 86-40 (J).

- **Projet 30.77.02:** Laitiers métallurgiques non ferreux
  Chef de projet : A.H. Webster

Objectifs:

Mettre au point des méthodes permettant de réduire les pertes de métaux de valeur tels le nickel, le cuivre, le cobalt et les métaux précieux, et d'accroître le taux d'élimination des éléments indésirables comme l'arsenic, le bismuth et l'antimoine dans les laitiers, en améliorant la compréhension des facteurs qui influent sur les pertes de métal dans les laitiers et en recommandant des méthodes pour réduire ces pertes.

Le traitement de la plupart des concentrés de minerais sulfurés de cuivre, de nickel et de plomb comporte une fusion pyrométallurgique. Un grand nombre des concentrés qui sont soumis à ce traitement contiennent de petites quantités de métaux de valeur, comme le cobalt, le molybdène, le zinc et les métaux précieux, dont une partie se perd dans le laitier. Des méthodes permettant de réduire ces pertes ou de récupérer les métaux ainsi perdus, avant que le laitier ne soit éliminé, aideraient donc à conserver les ressources minérales du Canada, en accroissant le taux d'extraction des métaux présents dans les minerais.

a) Récupération des métaux de valeur dans les laitiers industriels sous la forme d'une matte à haute teneur en fer

Des résultats favorables ont été obtenus en soumettant des laitiers industriels rejetés par des installations de traitement du nickel, à un traitement à la pyrrhotine minérale, à 1250 °C, dans une atmosphère sans oxygène, pour en récupérer le nickel, le cobalt et le cuivre. Afin de relever les teneurs de ces éléments de valeur dans la matte de sulfure de fer, dans le but d'en faciliter la récupération ultérieure, la matte a été recyclée avec une quantité fraîche de laitier. Après quatre recyclages, la teneur en Ni est passée de 0,34 % à 2,27 %, celle du cobalt de 0,22 % à 0,55 %, et celle du cuivre de 0,55 % à 3,00 %, dans la matte. Les analyses à la microsonde à électron ont permis de confirmer cette tendance et ont indiqué que les éléments se trouvaient présents dans deux phases distinctes, dans la matte solidifiée: soit une phase d'alliage riche en fer contenant quelque 60 % de Fe, 30 % de Ni, 6 % de Co et 2 % de Cu, et une phase d'un produit ressemblant à de la bornite et contenant du Fe, du Cu et du S.

Deux séries d'expériences supplémentaires ont été faites dans une tentative pour améliorer le retour des éléments à la matte de sulfure de fer. La première a comporté le mélange de diverses quantités de poudre de carbone, en guise d'agent réducteur puissant, au mélange laitier/pyrrhotine. Dans la deuxième, le carbone a été remplacé par du fer métallique. Les résultats préliminaires ont indiqué que, dans les deux cas, la formation de quantités relativement supérieures de métal de la phase d'alliage métallique était évidente.

b) Distribution du sélénium dans les coulées de Cu/Cu_2O

On a constaté que la présence de fortes concentrations de sélénium dans le cuivre ampoulé était à l'origine de difficultés à l'étape de l'affinage au feu et qu'elle se traduit par l'altération de certaines propriétés du produit final. Lors du traitement lié à la production du cuivre, la plus grande partie du sélénium se trouve dans la matte, durant la fusion. On a également constaté que le sélénium se concentre dans la dernière portion de la matte non convertie. Pour réduire la teneur en sélénium dans le produit final, il a été suggéré de procéder à une oxydation distincte de la dernière portion de la matte non convertie en Cu_2O et en Cu, après extraction du cuivre ampoulé (ayant une faible teneur en sélénium) aux premiers stades de la conversion. Le produit de la fusion de Cu_2O/Cu sera ensuite traité pour en extraire le sélénium.

Pour cette étude, le coefficient de distribution du sélénium dans les produits de fusion du Cu_2O/Cu a été déterminé de façon expérimentale. Les mélanges de Cu_2O, de Cu et de Se ont été fondus à une température de 1280 °C dans une atmosphère d'argon et des échantillons ont été prélevés, au moyen d'une technique spéciale, à même les couches de métal et d'oxyde, pour faire l'objet d'une analyse chimique et d'un examen par la microscopie à balayage électronique (MBE). Le coefficient de distribution, défini comme étant la teneur en sélénium de la teneur en oxyde/sélénium du cuivre, était d'environ 2. Les résultats de la MBE ont révélé que le sélénium contenu dans la matière solidifiée était associé principalement à la phase oxyde. Toutefois, les solubilités de l'oxyde de cuivre dans la phase de cuivre métallique fondu, et du cuivre dans la phase d'oxyde de cuivre fondu, sont substantielles et on peut donc rencontrer des problèmes lorsqu'on tente d'isoler la phase de la séléniure de cuivre et, partant, le sélénium.

Contrat:

- Demande 3-9172, "Mise au point d'un procédé de fusion épuré permettant de traiter des produits de calcination fortement grillés cuprifères et nickélifères et d'améliorer le taux de récupération des métaux" (To develop a clean smelting process for highly roasted copper-nickel calcines and to improve metal recovery), Falconbridge Ltd. D.S. - A.H. Webster.

Protection de l'environnement

- **Projet 30.86.01:** Caractérisation des stériles et mécanismes de contrôle
  Chef de projet : G.M. Ritcey

Objectifs:

Contribuer à la mise au point de méthodes permettant de maîtriser et d'éliminer efficacement les produits susceptibles de contaminer l'environnement, qui sont rejetés lors des activités d'exploitation minière et de traitement.

Il devient de plus en plus évident que les méthodes actuellement utilisées pour maîtriser et éliminer les déchets résultant des opérations minières et de traitement posent certains problèmes d'ordre environnemental, liés notamment à la production d'acide et à la libération de nombreux autres éléments pouvant présenter des dangers. Et ces difficultés risquent de s'aggraver avec la mise en exploitation de gisements récemment découverts qui comportent un éventail plus vaste encore de produits polluants.

Idéalement, il faudrait pouvoir résoudre ces problèmes en ayant recours à des procédés déjà bien connus, pouvant facilement remplacer ceux qui sont actuellement utilisés, ou encore leur être ajoutés.

Le rôle de CANMET consistera notamment à favoriser la mise au point de nouvelles étapes de traitement pour éliminer les polluants des matières traitées avant qu'ils ne soient évacués dans l'environnement, et à mettre au point des méthodes de traitement des effluents et des techniques de retenue des polluants.

a) Minéralogie

On est en train d'évaluer des échantillons de fractions granulométriques de carottes de sondage provenant d'un essai lysimétrique subaérien, en vue d'une comparaison des conditions chimiques de surface, des résultats d'analyse radiométrique et de la susceptibilité magnétique. Le rapport est prévu pour 1987.

b) Essais lysimétriques

Actuellement, 32 essais de lixiviation lysimétriques distincts sont en cours, afin d'évaluer l'efficacité de la méthode consistant à placer de la végétation de marécage sur des stériles contenant de la pyrite, pour arrêter la production d'acide sulfurique. L'inhibition de l'oxydation bactérienne des minéraux sulfurés, qui est la cause principale de la production d'acide sulfurique, se manifeste par la présence d'effluents (provenant des lysimètres) d'un pH à peu

près neutre qui contiennent de faibles concentrations de fer et de sulfate. Les résultats obtenus à ce jour indiquent qu'une couche de 20 à 30 cm de végétation de marécage placée à la surface des résidus permet d'arrêter complètement la production d'acide sulfurique et que la présence d'une nappe phréatique, près du point de contact entre les résidus et le sol, est également nécessaire pour arrêter la production d'acide sulfurique. Les résidus qui ont réagi au traitement provenaient d'Elliot Lake, de Waite Amulet, de Brunswick, de Noranda Quemont, et de pyrite de la Noranda. Les résidus de la Thompson ne se sont pas acidifiés, et ceux de la Sheridan et de la Cominco sont demeurés acides. Deux lysimètres supplémentaires, à forte et à faible teneur en pyrite, sont à l'étude afin de déterminer si la déperdition acide par infiltration, depuis un dépôt de résidus recouvert de végétation de marécage, fera l'objet d'une altération de son pH. Les données préliminaires laissent entrevoir cette possibilité.

c) Évacuation en eaux profondes

On a entrepris en 1985 deux essais lysimétriques pour simuler l'évacuation en eaux profondes des stériles. On a utilisé des colonnes de 60 cm de diamètre et de 6 m de hauteur contenant 0,25 tonne de stériles d'Elliot Lake dans un cas et la même quantité de pyrite de Noranda (92 %) dans l'autre. Les colonnes ont été remplies avec de l'eau de la rivière Outaouais. Des échantillons sont prélevés à divers niveaux dans les colonnes. Les données ainsi obtenues sont comparées à celles de lysimètres témoins pour lesquels les conditions de dépôt étaient normales.

Après 26 semaines, on a obtenu dans le cas des stériles d'Elliot Lake un pH neutre stable (alors que la production d'acide avait commencé dans le lysimètre témoin) et une population bactérienne demeurant stable à environ 10^{-5} à 10^{-6} cellules/mL.

Après 52 semaines supplémentaires, le pH était presque neutre et la production d'acide dans l'essai témoin était de pH 3.5. La teneur en Ra^{226} dans la colonne d'eau était passée de -100 à -50 pCi/L. Dans le cas de l'essai de la pyrite de Noranda, le pH s'était stabilisé à pH 4, après 26 semaines, mais après 52 semaines supplémentaires, il s'établissait à pH 3.2, alors qu'il était à pH 3.0 dans le cas de l'essai témoin. La population bactérienne avait peu évolué et était demeurée au niveau de 10^3 à 10^4 cellules/mL.

d) Recouvrement des rejets pyritiques au moyen de sel et d'argile

Lors de la construction de l'aéroport international de Halifax, Transports Canada a procédé à l'excavation de quelque 40 000 tonnes de morts-terrains et de schiste pyritique, qui sont accumulées sur place. Par suite de l'exposition aux éléments, un drainage acide s'est produit, et celui-ci a ensuite lessivé de fortes concentrations d'ions de métal de ces résidus. Transports Canada a décidé de recouvrir ces résidus d'une couche d'argile afin de réduire ou de prévenir le drainage acide. Des études en laboratoire ont été faites en utilisant un mélange d'argile et de chlorure de sodium tout venant comme matériau de recouvrement. Ce concept fait actuellement l'objet d'essais, sur des résidus pyritiques, à l'aéroport de Halifax.

e) Études minéralogiques sur des stériles

Des échantillons de stériles de Waite-Amulet ont été examinés au moyen de techniques minéralogiques dans le but d'identifier l'évolution minérale selon la profondeur, durant le processus du vieillissement, par une exposition aux éléments. En bref, la quantité de minéraux sulfurés s'accroît, depuis la zone d'oxydation, pour atteindre des quantités relativement constantes, dans la zone de réduction. On n'a pas enregistré de couche ou carapace physiquement distincte dans la zone de transition.

f) Progrès en matière d'analyse

i) Études sur les émanations de radon-222

Une étude sur le taux d'émanation du radon provenant de matières contenant du radium a été achevée. Les variables étudiées étaient la granulométrie, le bouletage des poudres, le médium intergranulaire et les couches d'enrobage. On a constaté qu'une couche de matière sèche saturée d'eau réduit les émanations presqu'au niveau de fond. Un aspect pratique de ces travaux est lié aux techniques de mesure. La libération du radon contenu dans les solides est causée par un recul, lors de la désintégration radioactive de l'atome de radium parent.

ii) Analyse d'échantillons de résidus

Des méthodes d'analyse applicables au dosage de constituants facilement solubles (sulfate, calcium et fer) d'échantillons de résidus choisis, provenant du gisement Waite-Amulet, de la Noranda, ont été évaluées. Les teneurs totales en sulfate et en soufre élémentaire ainsi que le pH ont également été déterminées.

Contrats:

- Demande 5-9156, "Contrôle microbien de la lixiviation des dépôts de résidus" (Microbial control of tailings dump leaching), Université d'Ottawa. D.S. - W.D. Gould

- Demande 23376-6-4442/01 - SQ, "Mesures de la susceptibilité et des propriétés magnétiques d'échantillons choisis de résidus provenant des mines Sheridon et Waite-Amulet" (Susceptibility and magnetic property measurements on selected samples from Sheridon and Waite-Amulet mine tailings), Morris Magnetics. D.S. - G.M. Ritcey

Rapports:

- R.G.L. McCready, "Un examen des mesures physiques, chimiques et biologiques visant à prévenir l'entraînement de l'acide par drainage dans les mines : une application aux schistes pyritiques de Halifax" (A review of the physical, chemical and biological measures to prevent acid mine drainage : An application to the pyritic Halifax shales); Rapport de division MSL 87-3 (OP&J).

- R.G.L. McCready et J. Salley, "Résultats préliminaires sur l'inhibition de l'oxydation de la pyrite en recouvrant les shistes pyritiques de Halifax d'une couche d'argile et de sel de déglaçage des routes" (Preliminary results on the inhibition of pyrite oxidation by road salt and clay capping of Halifax pyritic shales); Rapport de division MSL 86-129 (TR).

- W. Petruk et R.G. Pinard, "Étude minéralogique et par analyse d'image d'échantillons provenant de la carotte WA20, prélevée dans les résidus de Waite Amulet" (Mineralogical and image analysis study of samples from core WA20 of the Waite Amulet tailings); Rapport de division MSL 86-87 (IR).

• **Projet 30.86.02:** Gestion des résidus, transport des solutions et migration des agents de contamination depuis les résidus
Chef de projet : N. Davé (LRM)

Objectifs:

Mettre au point des techniques efficaces d'évacuation et de gestion des résidus afin de minimiser les répercussions sur l'environnement. Dans le cas des amoncellements de résidus inactifs, l'objectif est d'élaborer des méthodes de traitement et d'évacuation des résidus et de stabilisation des surfaces, afin de réduire les effets nuisibles de l'entraînement des agents de contamination par le ruissellement, l'infiltration dans les eaux souterraines et par l'érosion éolienne et aquatique.

Réalisations:

Dans le cadre du Programme de résidus réactifs (RATS), des études hydrogéochimiques sur des résidus sulfurés très réactifs sont entreprises aux dépôts de Waite Amulet, de Noranda (Québec). Des études géophysiques préliminaires, comprenant des levés sismiques, électromagnétiques et de résistivité électrique, ont été menées à terme en 1985. Les résultats ont indiqué une topographie de roche de fond irrégulière avec une couche d'argile d'épaisseur variée sous les résidus. Dans ceux-ci, il existe une couche de résidus durcie près du niveau hydrostatique, qui suit en gros la limite entre les zones oxydées et les zones non oxydées. Des échantillons de résidus sous forme de carotte solide continue ont été prélevés en neuf points, à des fins d'analyses physiques, minéralogiques et chimiques. Des résidus ont fait l'objet d'un échantillonnage, à deux autres points, à des fins de décomptes de bactéries, notamment des organismes réducteurs de sulfate et oxydant de fer. En tout, 55 piézomètres ont été mis en place dans les résidus, ainsi que dans le voisinage, afin de surveiller les profils d'écoulement des eaux souterraines, la chimie de l'eau contenue dans les pores des résidus ainsi que la migration des agents de contamination. Le pH et la conductivité électrique de l'eau contenue dans les pores des résidus variaient entre 5 et 7,5 et 1 000 à 10 000 vs, respectivement. Les Fe, Ca, Mg, Zn et SO_4^{2-} étaient les principaux constituants ioniques de l'eau contenue dans les pores des résidus. Les résultats enregistrés à ce jour ont indiqué qu'en raison de la perméabilité réduite de la couche d'argile, un bon aquitard s'est développé, et il en résulte que l'eau contenue dans les pores des résidus s'égoutte à travers les barrages de retenue. L'oxydation de l'eau contenue dans les pores des résidus, qui est presque neutre, se produit également lorsque celle-ci traverse les zones peu profondes dans le voisinage des barrages.

Des analyses minéralogiques, physiques et chimiques ont été faites à Ottawa (LSM) ainsi qu'au Laboratoire d'Elliot Lake.

La surveillance, la cueillette des échantillons ainsi que leur analyse se sont poursuivies tout au long de 1986 et plusieurs nouveaux puits ont été forés avant que l'hiver ne s'installe.

Les résultats des travaux en cours ont été présentés au Colloque national de 1986 sur "l'exploitation minière à ciel ouvert, l'hydrologie, la sédimentologie et la remise en état des terres", tenu à Lexington, au Kentucky. La valeur de cette communication a été reconnue par l'attribution d'un prix confirmant une communication technique remarquable, attribué lors de la Conférence.

Travaux futurs:

La collaboration entre le Laboratoire d'Elliot Lake, le Centre de recherche de la Noranda, situé à Pointe-Claire (Québec) et la Noranda Mines Ltd., de Noranda, au Québec, se poursuivra.

Avec la collaboration de la Denison Mines Ltd., et de la Rio Algom Mines, à Elliot Lake, les études sur le budget d'eau de la zone de résidus et sur les options de retenue éventuelle, se poursuivront.

Rapports:

- N. Dave, T.P. Lim, R. Siwik et R. Blackport, "Études géophysiques et biohydrogéochimiques d'un bassin de résidus sulfurés inactifs, situé à Noranda, au Québec" (Geophysical and biohydrogeochemical investigations of an inactive sulphide tailings basin, Noranda, Québec); Rapport de division MSL 86-99 (OP&J).

- **Projet 30.86.03:** Contrôle de la pollution de l'eau
  Chef de projet : B.H. Lucas

Objectifs:

Mettre au point des techniques de contrôle de la pollution de l'eau qui répondent aux normes établies par les organismes de réglementation et qui peuvent être appliquées à l'extraction et au traitement des minéraux, en déterminant les problèmes susceptibles de se poser et en examinant les méthodes de récupération des agents de contamination de l'environnement, contenus dans les résidus liquides des procédés métallurgiques.

Les Laboratoires des sciences minérales s'intéressent depuis plusieurs années au traitement des effluents liquides de l'industrie minière. Ces effluents contiennent notamment des métaux lourds, du cyanure, de l'arsenic et des thio-sels. On accordera la priorité à la retenue et à l'élimination des boues résultant des procédés de traitement, de façon à pouvoir nettoyer les effluents liquides et récupérer les arséniates, les thio-sels, le cyanure, les métaux lourds et les autres agents de contamination indésirables qui peuvent s'y trouver.

a) Biotechnologie applicable au traitement des effluents

i) Biodégradation du cyanure

L'évaluation du produit aux mycètes ICI a révélé que ce produit pouvait provoquer la dégradation du CN^- à des concentrations supérieures à 50 ppm mais qu'il était inefficace pour réduire les concentrations de cyanure dans les effluents, dont la teneur au départ est inférieure à 50 ppm, en raison du haut Km de l'enzyme. De surcroît, le produit aux mycètes ne dégrade que le cyanure en liberté et il n'est pas efficace lorsqu'il s'agit de dégrader les complexes cyanure-métal.

ii) Précipitation bactérienne de l'arsenic

L'arsenic doit être ramené à un niveau inférieur à 0,5 ppm dans les effluents de traitement, avant leur évacuation dans les eaux de ruissellement. Une étude a été faite pour évaluer la faisabilité d'une co-précipitation de l'arsenic et du fer dans des conditions anaérobies avec du H_2S d'origine bactérienne, pour former de l'arsénopyrite insoluble. Des solutions expérimentales contenant au départ 100 ppm d'arsenic ont pu être réduites par la précipitation de l'arsénopyrite jusqu'à la concentration de 10 ppm. Malheureusement, cette méthode bactérienne n'a pas permis de réduire la teneur en arsenic d'une solution à un niveau inférieur à 10 ppm. On a donc mis fin au projet, la précipitation chimique de l'arsenic étant plus efficace.

b) Comportement des impuretés lors de la précipitation du fer

Les solutions de traitement hydrométallurgique contiennent souvent de modestes concentrations d'arsenic et de phosphore et il est possible de contrôler ces impuretés, du moins en partie, lors de la précipitation du fer. En conséquence, une étude systématique du comportement de l'arséniate et du phosphate, lors de la précipitation de la jarosite, a été entreprise. D'importantes quantités d'arséniate sont enlevées lors de la précipitation de la jarosite, et l'élimination relative (en pour cent) s'accentue avec l'accroissement des concentrations d'arsenic. L'effet de la composition de la solution, du pH et de la température de la réaction sur la précipitation dans les média de sulfate et de chlorure a été déterminé. L'arséniate est invariablement précipité sous forme de scorodite, $FeAsO_4.2H_2O$. Bien que des précipités en partie cristallisés soient formés à la température de 100 °C, à partir des solutions chlorurées, des températures supérieures à 125 °C sont nécessaires pour former une scorodite bien cristallisée, à partir de solutions de traitement aux sulfates. Aux températures inférieures, un $FeAsO_4.xH_2O$ amorphe soluble est produit. Deux communications sur le comportement de l'arsenic ont été préparées. Les travaux sur le comportement des phosphates lors de la précipitation de la jarosite se poursuivent, et les premiers résultats indiquent que le comportement des phosphates est beaucoup plus compliqué que celui des arséniates.

c) Acidification pour éliminer le cyanure

Le procédé de récupération du cyanure AVR de CANMET (MRP/MSL 85-44 (IR)) fait l'objet d'une mise au point en réponse aux besoins exprimés par l'industrie et par le gouvernement, relatifs à la mise au point d'une solution viable, sur les plans technique et économique, aux problèmes des eaux résiduaires évacuées par des installations de traitement d'or.

La destruction chimique des espèces métallo-cyanure exige beaucoup de réactifs. La dégradation naturelle est largement répandue, mais elle présente certaines incertitudes. Dans le cas de toutes les méthodes destructrices, les coûts ne sont pas récupérables. Il est possible, dans plusieurs installations, d'équilibrer les coûts d'ordre environnemental par une récupération du cyanure, en vue d'une réutilisation.

La méthode AVR fait actuellement l'objet d'un raffinement, pour en améliorer l'efficacité de dissociation des constituants du cyanure, et ainsi permettre la récupération de tous les éléments précieux et l'évacuation d'eaux usées sûres pour l'environnement.

Les étapes suivantes du procédé font l'objet d'une étude intensive:

a) amélioration pseudo-catalytique de la dissociation des complexes de métallo-cyanure, suscitée à l'air;

b) récupération du cyanure contenu dans une solution acidifiée et aérée, par échange ionique;

c) épuration des boues de traitement;

d) préconcentration par osmose inversée;

e) polissage des effluents par adsorption du sulfure, et par addition de produits chimiques.

Quatre de ces aspects comportent des éléments susceptibles d'être brevetés. Toutes les étapes font l'objet d'une intégration réussie sous la forme d'options de traitement viables sur les plans technique et économique, qui offriront au producteur d'or une certaine souplesse en matière d'ajustement du procédé aux exigences de ses installations.

La conservation de l'eau constitue également un élément de cette technologie. Le procédé n'ajoute pas, ou ne crée pas, d'éléments constituants indésirables dans l'eau. Sur le plan de la chimie, il s'agit d'une simple acidification.

La possibilité d'appliquer les étapes du procédé AVR à la récupération du constituant cyanuré du sulfocyanate, afin d'améliorer la protection de l'environnement et la rentabilité économique du procédé, fait également l'objet d'études.

d) Progrès en matière d'analyse

- Dosage des espèces anioniques dans les solutions d'essai d'effluents stériles d'installation de traitement d'or, par chromatographie de haut rendement

Des phases inversées, enrobées d'un échangeur d'ions absorbé "en permanence", du chlorure de cétylpyridinium par exemple, alliées à la détection par absorption indirecte à l'ultraviolet, ont fait l'objet d'études dans le but de faire le dosage des chlorures, des cyanates, des sulfates, des thiosulfates et des sulfocyanates contenus dans des solutions provenant d'essais visant à réduire

le cyanure dans les effluents du traitement de l'or. Une excellente résolution et une excellente sensibilité (~0,05 µg/mL) ont été obtenues dans le cas des chlorures et des ions de cyanate rapidement élués ainsi que dans le cas des espèces de soufre mieux retenus.

Contrats:

- Demande 5-9161, "Production et stabilité des boues d'effluent d'exploitation minière et d'installation de fusion" (Generation and stability of mine/smelting effluent sludges), Gionet, Mellor, Leibich Assoc. Ltd. D.S. - B.H. Lucas.

- Demande 5-9203, "Évaluation des possibilités d'application des techniques d'osmose inversée à la récupération du cyanure et des métaux communs de base contenus dans un prélèvement de stériles d'une installation de traitement d'or" (Evaluation of the applicability of reverse osmosis technology to cyanide and base metals recovery from a gold mill barren bleed), Zenon Environmental Inc. D.S. - V. McNamara.

Rapports:

- D.J. Barkley, T.E. Dahms et K.N. Villeneuve, "Colonnes enrobées de façon dynamique et permanente pour le dosage par chromatographie liquide des espèces anioniques contenues dans des échantillons prélevés dans le cadre de procédés de contrôle de la qualité de l'environnement" (Dynamically and permanently coated columns for liquid chromatographic determination of anionic species in samples from environmental control process); Rapport de division MSL 86-111 (OP&J).

- J. Dutrizac et J.L. Jambor, "Le comportement de l'arsenic durant la précipitation de la jarosite à 97°C" (The behaviour of arsenic during jarosite precipitation at 97°C); Rapport de division MSL 86-131 (J).

- J. Dutrizac et J.L. Jambor, "Le comportement de l'arsenic lors de la précipitation de la jarosite: le mécanisme de la précipitation de l'arsenic" (The behaviour of arsenic during jarosite precipitation: The mechanism of arsenic precipitation); Rapport de division MSL 86-133 (J).

- W.D. Gould, L. Beaudette et R.G.L. McCready, "Destruction aux enzymes du cyanure contenu dans des effluents d'installations de traitement d'or" (Destruction of cyanide from gold mill effluents using enzymes); Rapport de division MSL 86-105 (OP).

• **Projet 30.86.04:** Contrôle de la pollution de l'air
Chef de projet : J.M. Skeaff

Objectifs:

Évaluer et, dans la mesure du possible, mettre au point des méthodes acceptables et efficaces pour surveiller et maîtriser les éléments nocifs des procédés pyrométallurgiques utilisés au Canada. Les recherches seront principalement axées sur l'acquisition des données thermiques qui manquent actuellement au sujet des arséniures et des arséniates, ainsi que sur la mise au point de méthodes permettant d'éliminer le SO_2 des gaz émis par les fonderies.

La question des émissions d'éléments nocifs et de composés contenant de tels éléments, lors du traitement pyrométallurgique des minerais et des concentrés transformés au Canada, préoccupe beaucoup les organismes provinciaux et fédéraux chargés de la protection de la santé et de l'environnement, de même que l'industrie. À ce sujet, on s'intéresse tout particulièrement aux opérations de grillage et de fusion de minerais non ferreux qui entraînent des émissions de SO_2, d'arsenic et de mercure, et souvent aussi de petites quantités d'autres éléments toxiques comme le cadmium, le sélénium, le tellure et le plomb. Il faut des données plus précises sur la présence de ces éléments à l'état de traces dans les flux de traitement et dans les concentrés, et sur les formes sous lesquelles ils sont transportés. On a aussi besoin de données pour modifier les procédés de traitement ou mettre au point de nouveaux dispositifs de réduction de la pollution, de façon à pouvoir évacuer ou récupérer de manière économique ces éléments, notamment ceux que l'on trouve dans les poussières des fonderies n'ayant pas (pour des motifs économiques ou à cause de leur situation géographique) d'installations de traitement des acides, et dont les opérations de grillage qui servent à récupérer l'or, l'argent, le nickel et le cobalt dans les minerais arsenicaux, sont à l'origine de problèmes particuliers.

a) Études thermochimiques sur les arséniures et les arséniates

On effectue des études thermochimiques et des analyses thermiques différentielles (ATD) pour déterminer les propriétés thermiques des arséniures et des arséniates (de Ni, Fe, Cu, Co, Pb, Zn et Ca) à hautes températures, afin d'obtenir des données qui permettront de prévoir le comportement des systèmes arsénifères dans les procédés pyrométallurgiques comme le grillage, la fusion, l'affinage, et autres procédés.

Des recherches sont en cours sur les propriétés thermochimiques de certains arséniures en utilisant une technique d'équilibrage électrochimique comportant l'utilisation d'un électrolyte de ZrO_2-CaO partiellement stabilisé dans un dispositif de concentration d'oxygène, pour mesurer les potentiels galvaniques. On a obtenu des données thermochimiques sur Ag_3AsO_4 et $Ni_3As_2O_8$, et des données préliminaires pour la skuttérudite [$CoAs_3$]. Ces données peuvent être appliquées à la prévision des compositions de gaz et de phases condensées et stables qui se présentent lors du grillage ou dans d'autres conditions pyrométallurgiques.

Des travaux ont été amorcés afin de déterminer les propriétés thermochimiques des arséniures métalliques en utilisant une cellule électrochimique de conception nouvelle, où des boulettes composées de deux arséniures métalliques et d'un arséniure de calcium sont comprimées sur les deux côtés d'un cristal unique d'électrolyte de fluorure de calcium. L'oxygène doit être exclu rigidement du compartiment de la cellule. Les résultats préliminaires indiquent que la cellule manifeste une susceptibilité à l'inversion pour ce qui regarde la température. Si l'expérience réussit, la conception de la cellule devrait permettre la détermination des pressions de décomposition ainsi que les propriétés thermochimiques des "pnictides" de métal, notamment des arséniures et des chalcogéniures de métal. Les données obtenues peuvent être appliquées à la prévision des phases condensées stables et des compositions de gaz qui se produisent lors du grillage ou dans d'autres conditions pyrométallurgiques.

L'oxydation de la skuttérudite [$CoAs_3$] est étudiée par thermogravimétrie et par analyse thermique différentielle. Les résultats obtenus à ce jour indiquent que la granulométrie, la géométrie de l'échantillon et la pression partielle de l'oxygène sont autant de facteurs qui influencent le processus d'oxydation de la skuttérudite naturelle. L'analyse par diffraction aux rayons X des produits de la réaction a indiqué la formation d'un mélange complexe d'arséniures et d'arséniates, attribuable en partie à la substitution extensive du fer et du nickel dans la skuttérudite de venue naturelle [$Co(Fe,Ni)As_3$]. Les données obtenues peuvent être appliquées à la prévision du comportement de la skuttérudite lors du grillage ou dans d'autres conditions pyrométallurgiques.

Une étude de l'oxydation et de la dissociation thermique de la niccolite [NiAs] par thermogravimétrie et de l'analyse thermique différentielle concomitante dans diverses atmosphères a été menée à terme. Les résultats indiquent que l'oxydation se produit dans des étapes multiples, en raison de la formation d'une couche de produit à la surface des particules de niccolite. Le processus de dissociation du minéral s'est fait par une libération de l'arsenic et on a constaté qu'il influençait beaucoup le processus de l'oxydation.

Contrats:

- Demande 4-9213, "Mise au point d'une sonde de détection de l'arsenic à l'état solide destinée à être utilisée avec des procédés pyrométallurgiques" (Development of a solid state arsenic probe for use in pyrometallurgical processes), J. Kirchnerova et C.W. Bale, École Polytechnique, Montréal. D.S. - J.M. Skeaff.

- Demande 6-9066, "Mise au point d'une sonde de détection de l'arsenic à l'état solide destinée à être utilisée avec des procédés pyrométallurgiques (UP-M584)" (Development of a solid state sulphur probe for use in pyrometallurgical processes (UP-M584)), J. Kirchnerova et C.W. Bale, École Polytechnique, Montréal. D.S. - J.M. Skeaff.

Rapports/publication:

- J.M. Skeaff, P.R. Mainwaring et J.L. Speelman, "Équilibres thermochimiques arséniure-oxyde dans le système Ni-As-O déterminé par la voie électrochimique à une température comprise entre 438 °C et 866 °C" (Thermochemical arsenide-oxide equilibria in the system Ni-As-O determined electrochemically between 438°C and 866°C); Can Metal Quarterly 24:4:349; 1985.

- L.J. Wilson et S.A. Mikhail, "Étude de l'oxydation de la niccolite par analyse thermique" (Investigation of the oxidation of niccolite by thermal analysis); Thermochima Acta 112:197-213; 1987.

- **Projet 30.86.05:** Programme national de recherche sur les résidus d'uranium (PNRRU)
  Chef de projet : R. John

Objectifs:

Le programme a pour objectif principal de constituer une base d'information crédible sur le plan scientifique pour aider les organismes de réglementation gouvernementaux ainsi que l'industrie minière à adopter des stratégies de gestion à long terme applicables aux résidus d'uranium afin d'assurer la protection du public et de l'environnement.

Le programme a été structuré selon les grandes lignes suivantes: modélisation, technologie d'évacuation et mesure, et compréhension des fondements. L'activité de modélisation est au coeur du programme, mais elle dépend de la recherche sur les fondements de la science pour mettre au point ses équations de prévision. Elle dépend également de l'entrée des valeurs mesurées pour étalonner et valider les modèles mis au point. De surcroît, les options liées aux techniques d'évacuation doivent être comprises pour évaluer les conséquences de chaque option ainsi que le rapport entre le rendement et le coût.

a) Modélisation

En 1986-1987, la troisième étape de la mise au point d'un modèle de système probabiliste, appliqué à la prévision à long terme des effets des résidus d'uranium, a été menée à terme. Par la suite, le modèle (appelé UTAP, pour Uranium Tailings Assessment Program - Programme d'évaluation des résidus d'uranium) a été appliqué aux résidus de Lacnor, dans la région d'Elliot Lake (en utilisant des données provenant d'un programme antérieur réalisé sur le terrain dans le cadre du PNRRU), ainsi qu'aux résidus de Rabbit Lake, en Saskatchewan, (conjointement avec la Eldorado Resources Ltd.).

b) Technologie de l'évacuation

La partie du travail concernant la technologie de l'évacuation s'intéresse à l'aménagement physique réel des résidus après leur isolement. Le PNRRU a concentré ses efforts sur la technologie qui est utilisée ou qui a été utilisée au Canada. Les évaluations de la technologie ont adopté trois perspectives: intégrité scientifique, efficacité au niveau de la réduction des agents de contamination, et coût. Les questions spécifiques comme les revêtements, tant naturels qu'artificiels, l'oxydation de la pyrite, la consolidation, les recouvrements de résidus et la stabilité des structures, ont été étudiées ou sont en voie de l'être.

Durant l'exercice, l'effort a été concentré sur la préparation d'un manuel de la technologie d'évacuation des résidus d'uranium. Ce manuel décrit, de façon générique, les techniques d'évacuation disponibles et applicables aux dépôts de résidus d'uranium canadiens, mais il fait également état d'expériences faites à l'échelle internationale.

En plus d'un important programme sur le terrain réalisé au cours de l'année précédente, une étude de la génération des poussières, aux dépôts de résidus Gunnar, en Saskatchewan, a été entreprise.

Deux projets de recherche présentent également un intérêt particulier en rapport avec le Programme de résidus acides réactifs. L'un vise la mise au point d'une méthode de laboratoire pratique applicable à l'examen de l'efficacité de matériaux de recouvrement solides de rechange, dans le but de contrôler la vitesse de la migration de l'eau et de l'oxygène dans les résidus. Le deuxième porte sur la production d'acide dans les amas de résidus rocheux.

(c) Mesure et principes de base

La Section des mesures a deux fonctions. Elle obtient les données nécessaires pour l'étalonnage et la validation des modèles. Des données ont été obtenues dans le cadre d'un certain nombre de programmes réalisés sur le terrain et financés par le Programme national de gestion des résidus d'uranium. La Section des mesures s'occupe également d'établir les principes de base qui régissent les voies empruntées par les polluants contenus dans les résidus.

La chimie des termes sources est très importante dans ce cas. Les travaux antérieurs ont porté sur la géochimie du radium. Au cours du présent exercice, nous nous sommes surtout intéressés au thorium, à l'arsenic et au nickel. L'oxydation des minéraux renfermant du soufre, y compris le rôle joué par les bactéries, est un procédé particulièrement important dans le cas de la région d'Elliot Lake.

Selon les chercheurs oeuvrant dans le cadre du Programme national de gestion des résidus d'uranium, la sédimentation constitue un puits important pour les polluants. En conséquence, une série de contrats ont été adjugés en vue d'étudier divers aspects du processus de sédimentation. Le comportement de l'arsenic et du nickel dans les sédiments a fait l'objet d'une étude plus poussée au cours de l'exercice.

Les résultats obtenus dans le cadre du Programme d'évaluation des résidus d'uranium ont été comparés à ceux obtenus avec le code informatique SYVAC de l'Énergie atomique du Canada Limitée, ainsi qu'avec ceux obtenus avec d'autres codes probabilistes au cours d'un exercice parrainé par l'Agence pour l'énergie atomique. Les modèles physiques et chimiques utilisés dans le cadre du Programme d'évaluation des résidus d'uranium ont été examinés par un groupe d'experts. Ces modèles ont permis d'accroître notre confiance dans la capacité de prévision du Programme d'évaluation des résidus d'uranium déjà acquise dans le cadre d'autres programmes d'assurance de la qualité.

Travaux réalisés à contrat :

- SSC OSQ85-00130 "Monitoring of layered uranium tailings - Phase II", Knight & Piesold Limited. S.A. - D.G. Feasby.

- SSC OSQ85-00181 "Geochemical behaviour of various non-radionuclide contaminants in uranium mill tailings", Beak Consultants Limited. S.A. - H.F. Steger.

- SSC OSQ85-00182 "Probabilistic model developments for the assessment of the long-term effects of uranium mill tailings in Canada Phase III", SENES Consultants Limited. S.A. - R.W. Holmes.

- SSC OSQ85-00207 "Demonstration of the probabilistic system model for the assessment of the long-term effects of arsenic/nickel rich uranium mill tailings deposits in Canada", Beak Consultants Limited. S.A., - R.W. Holmes.

- SSC OSQ85-00213 "The fate of radium in uranium leaching and its consequent dissolution mechanisms", Chemex Labs Limited. S.A. - H.F. Steger.

- SSC OSQ85-00218 "Consolidation of uranium mill tailings", Geocon Inc. S.A. - D.G. Geasby.

- SSC OSQ85-00219 "Study of the solubility of radium-226 in sulfate media", Chemex Labs Limited. S.A. - H.F. Steger.

- SSC OSQ85-00225 "Risk assessment for Canadian uranium mill tailings - Phase II", SEMES Consultant Limited. S.A. - R.W. Holmes.

- SSC OSQ85-00226 "Review of the technology of earth covers for inactive uranium mill tailings in Canada", Steffan, Robertson and Kirsten (B.C.) Inc. S.A. - D.G. Feasby.

- SSC OSQ85-00227 "Stability of structures for uranium mill tailings retention", Steffan, Robertson and Kirsten (B.C.) Inc. S.A. - D.G. Feasby.

- SSC OSQ85-00237 "Estimation of the limits for acid generation by bacteria assisted oxidation in uranium mill tailings", SENES Consultants Limited S.A. - H.F. Steger.

- SSC OSQ85-00247 "Investigation of bacteria-catalyzed reactions occurring in uranium mill tailings at low oxygen levels", Dobrocky Seatech Limited. S.A. - H.F. Steger.

- SSC OSQ85-00289 "Study of radium-226 co-precipitates in uranium mill tailings by secondary ion-mass spectrometry", Atlantic Nuclear Services Limited. S.A. - H.F. Steger.

- SSC OSQ85-00293 "Comparison of the National Uranium Tailings Program's probabilistic model (UTAP) with the Syvac Computer code of Atomic Energy of Canada Limited", Atomic Energy of Canada Limited (WNRE). S.A. - R.W. Holmes.

- SSC OSQ85-00299 "Alternative uranium ore processing technology", SENES Consultants Limited. S.A. - D.G. Feasby.

- SSC OSQ85-00306 "Study of radiobarites in uranium mill tailings", Beak Consultants Limited. S.A. - H.F. Steger.

- SSC OSQ85-00319 "Analysis of thorium-230 in leachates from bacteria - catalysed oxidation", Dobrocky Seatech Ltd. S.A. - H.F. Steger.

- SSC OSQ85-00403 "Specification of arsenic and nickel in sediments in Moira Lake", AECL/CRNL. S.A. - H.F. Steger.

Contrats:

- SSC 23317-6-1730/01-SQ "Manual for uranium mill waste disposal technology in Canada", Steffen, Robertson & Kirsten (B.C.) Inc. S.A. - D.G. Feasby.

- SSC 23317-6-1732/01-SQ "Collection of dust samples at Gunnar uranium tailings site, Saskatchewan", Eldorado Resources Ltd. S.A. - D.G. Feasby.

- SSC 23317-6-1737/01-SQ "Development of laboratory methodology for evaluating effectiveness of engineered covers for reactive tailings", Centre de Recherche Noranda. S.A. - R.D. John.

- SSC 23317-6-1738/01-SQ "The management of acid-generating waste rock at Canadian mines (UP-N6-019)", Nolan, Davis and Associates (NS) Ltd. S.A. - R.D. John.

- SSC 23317-6-1723/01-SQ "Study of the geochemistry of thorium in uranium mill tailings", Melis Consulting Engineers Ltd. S.A. - H.F. Steger/C.W. Smith.

- SSC 23317-6-1724/01-SQ "Radionuclide movement within the biosphere and the potential dose to man from pathways through plants and animals", Monenco Consultants Limited. S.A. - H.F. Stege/C.W. Smith.

- SSC 23317-6-1725/02-SQ "The potential of genetic and adaptive changes to bacteria in uranium mill tailings", Beak Consultants Ltd. S.A. - H.F. Steger/C.W. Smith.

- SSC 23317-6-1727/01-SQ "Study on the state of nickel and arsenic in uranium mill tailings", Melis Consulting Engineers Ltd. S.A. - H.F. Steger.

- SSC 23317-6-1734/01-OTT "Technical edit french analytical manual", Eldorado Nuclear Limited. S.A. - R.D. John.

- SSC 23317-6-1736/01-SQ "Kinetics of arsenic and nickel in sediments in Moira Lake", Atomic Energy of Canada Ltd. - Research Company. S.A. - C.W. Smith/H.F. Steger.

- SSC 23317-6-1728/01-SQ "Probabilistic system model development and appplication to a real site - Phase IV", SENES Consultants Ltd. S.A. - R.W. Holmes.

- SSC 23317-6-1729/01-SQ "Application of the National Uranium Tailings Program probabilistic system moded (UTAP) to the Rabbit Lake Uranium Tailings site", Beak Consultants. S.A. - R.W. Holmes.

- SSC 23317-6-1731/01-SQ "Comparison of the National Uranium Tailings Program's probabilistic code UTAP (Phase III) with Atomic Energy of Canada Limited's SYVAC-3 computer code", Atomic Energy of Canada Ltd. - Research Company. S.A. - R.W. Holmes.

- SSC 23317-6-1735/01-GR "Peer review of the National Uranium Tailings Program's (NUTP) probabilistic system model", Atomic Energy of Canada Ltd. - Research Company. S.A. - R.W. Holmes.

• **Projet 30.86.06 :** Secrétariat, Étude sur les résidus réactifs (RATS)
Chargé de projet: E.G. Joe

Objectif :

Constituer une large base scientifique, technique et économique qui permette à l'industrie minière et aux organismes gouvernementaux de prévoir, avec confiance, les exigences de gestion à long terme relatives aux résidus réactifs et aux stériles.

Établir des techniques permettant d'exploiter et d'abandonner les aires d'élimination des résidus et des stériles acidogènes d'une façon qui soit prévisible, peu coûteuse, opportune et acceptable du point de vue environnemental.

Le programme comporte huit principaux domaines de recherche :

- Méthodes de pointe
- Nouvelles méthodes d'élimination
- Évaluation des informations fournies dans le cadre du Programme national de recherche sur les résidus d'uranium
- Méthodes de recherche
- Techniques de prévision
- Barrières à oxygène
- Techniques passives
- Recyclage des stériles

Les Laboratoires des sciences minérales sont très actifs dans la plupart des ces domaines de recherche.

Organisation :

En juin 1986, les Laboratoires des sciences minérales de CANMET ont créé un comité directeur pour le Programme des résidus réactifs. Ce comité est présidé par M. F. Frantisak, vice-président du secteur environnement de la société Noranda Inc. M. E.G. Joe en est le secrétaire administratif. Les membres du comité représentent l'industrie ainsi que les gouvernements fédéral et provinciaux :

Industries : Cominco, Falconbridge, Hudson Bay Mining and Smelting, INCO, Noranda, Sherritt Gordon Mines

Provinces : Colombie-Britannique, Manitoba, Ontario, Québec, Nouveau-Brunswick

Fédéral : CANMET, Environnement Canada

Le comité directeur s'occupe de l'administration générale du programme, et ses membres se réunissent au moins deux fois annuellement. Le comité exécutif se réunit plus souvent selon les besoins. Un groupe de travail technique, présidé par C. Ferguson qui est directeur des affaires environnementales de la société INCO Ltd., a également a été créé. Ce groupe de travail a pour mandat d'établir des objectifs techniques et de contrôler les projets individuels; fondamentalement, il gère tous les aspects techniques du programme. Tous les organismes susmentionnés sont représentés au sein du groupe de travail.

Coûts et calendrier :

Nous estimons qu'il faudra au moins cinq ans et plus de 5 millions dollars pour effectuer les travaux techniques nécessaires à la réalisation des objectifs du programme.

Les coûts, prévoit-on, seront partagés également entre le secteur minier et les gouvernements provinciaux et fédéral.

Les engagements financiers et autres de CANMET et de plusieurs corporations s'élèvent à 2 millions de dollars. Toutefois, le programme ne dispose pas encore des ressources nécessaires, et toutes les parties en cause devront encore fournir quelques 3 millions de dollars au cours des cinq prochaines années.

Combustion en lit fluidisé

- **Projet 50.62.01** : Paramètres de rendement des lits fluidisés à bulle
  Chargé de projet : F.D. Friedrich (Laboratoires de recherche sur l'énergie)

Objectif :

Déterminer les paramètres influant sur le rendement des charbons canadiens et des autres combustibles solides, et caractériser les résidus de brai obtenus au cours de la valorisation des sables bitumineux et des pétroles lourds; déterminer la capacité d'absorption du soufre et des calcaires canadiens, et étudier les effets des cendres de combustible sur le rendement des sorbants; approfondir les connaissances sur les mécanismes de base de la combustion en lit fluidisé.

(a) Détermination de la capacité d'absorption du soufre des calcaires canadiens

La partie de ce projet réalisée par les Laboratoires des sciences minérales et qui consistait à déterminer la capacité d'absorption du SO_2 des calcaires canadiens a, à toutes fins pratiques, été terminée au cours de l'année. Toutefois, le petit réacteur à lit fluidisé qui a été mis au point pour évaluer les calcaires sera maintenu pour satisfaire aux exigences futures de l'industrie et des compagnies de production d'électricité. On a effectué une série d'essais sur trois calcaires du Nouveau-Brunswick de tailles diverses, afin de déterminer qu'elle était le sorbant optimal pour le réacteur à lit fluidisé à circulation de Chatham. Les résultats de ces travaux ont été signalés dans un rapport sur l'évaluation du calcaire du Nouveau-Brunswick comme sorbant du SO_2 dans les réacteurs à lit fluidisé (Evaluation of New Brunswick limestone as SO_2 sorbents in fluidized bed combustors).

Les résultats des travaux réalisés au cours des cinq dernières années sur l'évaluation des sorbants du SO_2 ont été compilés dans un rapport de CANMET présentement en cours de préparation (Evaluation of SO_2 sorbent utilization in fluidized beds).

(b) Caractérisation des produits de combustion en lit fluidisé

Nous avons étudié le charbon, le calcaire et les cendres provenant du lit, du cyclone et du dépoussiéreur à sacs filtrants d'un lit fluidisé fonctionnant à la pression atmosphérique. Nous avons utilisé la thermogravimétrie et l'analyse thermique différentielle pour mettre au point une méthode permettant de contrôler l'efficacité de combustion. Nous avons déterminé la quantité de charbon imbrûlé et la quantité de calcaire; les analyses thermiques étaient fiables et commodes et donnaient des résultats plus précis que les méthodes d'analyse chimique, plus particulièrement lorsqu'il s'agissait de distinguer entre la combustion de carbone et la décomposition du carbonate de calcium dans les échantillons.

Rapports :

- C.A. Hamer, "Evaluation of New Brunswick limestone as SO_2 sorbents in fluidized bed combustors"; Division Report MSL 86-108 (TR).

- S.A. Mikhail, "Potential use of thermal analysis in monitoring fluid bed combustors"; Division Report MSL 86-89 (OP&J).

• **Projet 50.62.02** : Systèmes de combustion en lit fluidisé circulant
Chargé de projet : F.D. Friedrich (Laboratoires de recherche sur l'énergie)

Objectif :

Construire et mettre en service un réacteur pilote à lit fluidisé circulant au Laboratoire de recherches sur la combustion et la carbonisation de CANMET; identifier et accélérer les applications potentielles des réacteurs à lit fluidisé circulant dans l'industrie et dans le domaine de la production d'électricité.

a) Récupération du vanadium et du soufre dans le coke de sous-produit

Le but des travaux des Laboratoires des sciences minérales réalisés dans le cadre de ce projet est d'étudier les émissions de SO_2 et de métaux lourds, c'est-à-dire de nickel et de vanadium, la récupération de ces émissions à l'aide de calcaire et les effets corrosifs de la combustion dans un lit fluidisé circulant de coke de sous-produit provenant de sables bitumineux. Nous avons conçu et construit un réacteur-pilote à lit fluidisé circulant aux Laboratoires des sciences minérales. Nous avons effectué deux importantes séries d'essais de combustion au cours de l'année; la première a été réalisée avec du coke Syncrude et du calcaire, tandis que la seconde l'a été avec du charbon Minto et trois calcaires du Nouveau-Brunswick. Nous avons effectué avec chaque combustible environ 30 essais d'une durée d'une journée. Les cendres utilisées au cours de chaque série pour mesurer la corrosion métallique ont été examinées par la Section des sciences de la corrosion des Laboratoires de recherche en métallurgie physique. Selon les résultats préliminaires, la corrosion était assez poussée, mais rien n'indiquait que le vanadium contenu dans le coke Syncrude contribuait à la corrosion métallique.

Les bilans massiques permettaient de rendre compte de 93 % du vanadium et de 93 % du nickel dans les divers circuits de cendres, c'est-à-dire dans le lit, dans la chaudière et dans le dépoussiéreur à sacs filtrants. Le taux de récupération du soufre dans le calcaire était supérieur à 90 % pour un rapport

Ca/S de 2,0. La composition chimique des trois circuits de cendres était pratiquement la même que celle observée au cours des essais de combustion avec ce produit dans le réacteur à lit fluidisé circulant d'Ahlstrom en Finlande.

Les essais avec le charbon Minto ont été effectués afin de servir de témoin pour les sondes de corrosion et aussi pour déterminer quel calcaire conviendrait le mieux pour le réacteur à lit fluidisé circulant de la New Brunswick Power, à Chatham. Certains des résultats d'essai étaient très variables, et il faudra effectuer des analyses chimiques pour déterminer le taux réel de récupération du soufre. Nous avons recommandé à la New Brunswick Power d'utiliser du calcaire d'Elmtree, car il n'y avait guère de différence entre le rendement de deux calcaires d'Elmtree et le calcaire d'Havelock. Un rapport décrivant tous ces travaux réalisés sur le réacteur pilote à lit fluidisé circulant est présentement en cours de préparation.

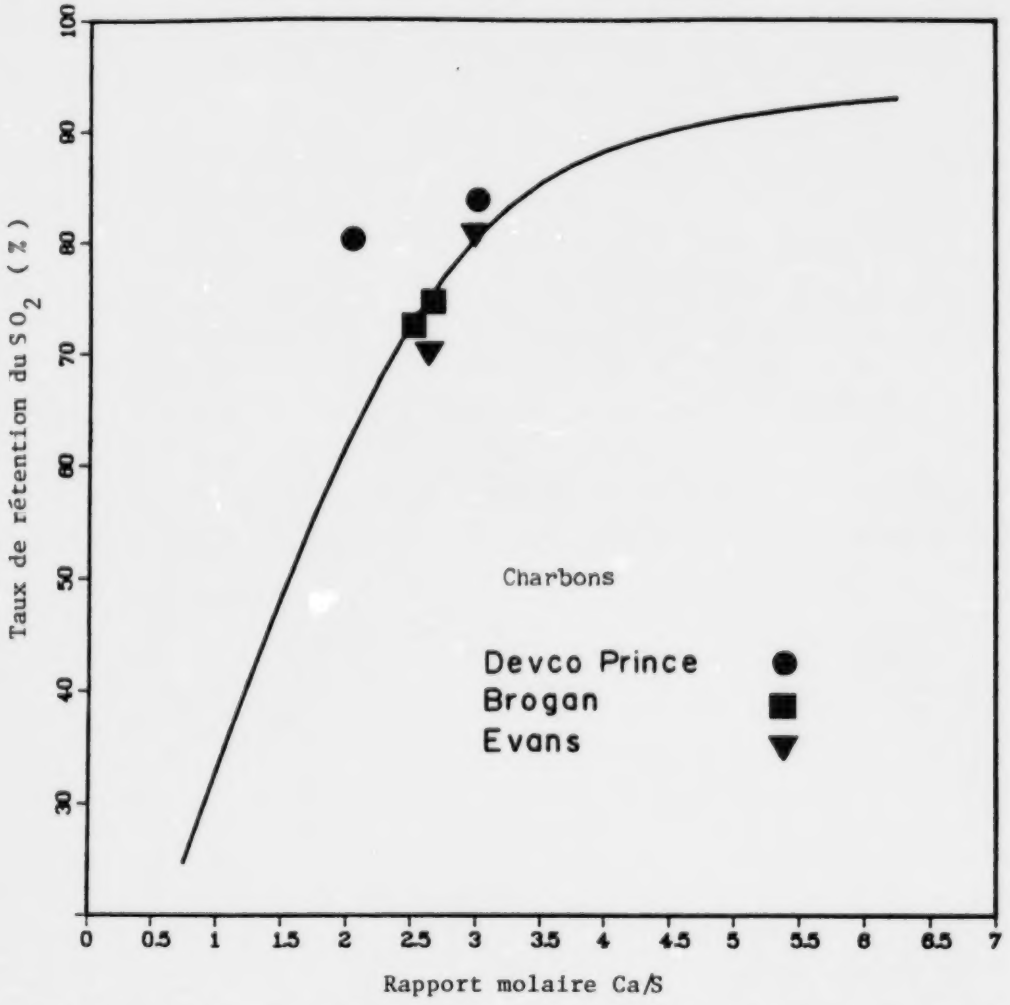


Figure 10. Courbe modèle illustrant le taux prévu de rétention de soufre. Les données sont basées sur la caractérisation en réacteur à lit fluidisé et sur les données réelles obtenues lors de la combustion de trois charbons sur du calcaire de Havelock (Nouveau-Brunswick) dans le réacteur à lit fluidisé de Summerside.

ENTENTE SUR L'EXPLOITATION MINÉRALE

Nouvelle-Écosse

Le Secteur de la recherche et de la technologie de l'Entente sur l'exploitation minérale intervenue entre le Canada et la Nouvelle-Écosse a administré six contrats s'élevant à 793 000 $ au cours de l'exercice 1986-1987. L'étude sur les cendres volantes et sur les scories de fourneau dans le béton révèle que les cendres volantes améliorent la qualité des bétons. À la suite de travaux réalisés à contrat et portant sur les méthodes d'échantillonnage et sur les exigences de traitement en vue de l'évaluation des ressources aurifères offshore, on a recommandé la mise en place sur le fond marin de deux installations de forage; ces travaux ont aussi indiqué que l'or se présente généralement sous forme de particules de granulométrie inférieure à 74 microns. Selon les résultats de travaux réalisés à contrat et portant sur l'évaluation des exigences de traitement dans le cas de trois gisements aurifères, la séparation des minerais par triage est rentable et les techniques classiques de séparation par gravité et par flottation permettent d'obtenir un excellent taux de récupération de l'or. Des études sur les méthodes de traitement et des études de faisabilité effectuées sur de la célestine extraite de deux gisements ont permis de produire des concentrés de sulfate de strontium de haute qualité, puis de les transformer de façon très rentable en carbonate et en métal. Des études sur le traitement du gisement de barytine de Pinebrook ont révélé que la qualité du minerai peut être facilement améliorée par des techniques de séparation par gravité pour donner un produit conforme aux spécifications des boues de forage.

De même, nous obtenons actuellement des résultats encourageants en ce qui concerne le traitement des minerais magnétiques en vue de produire de la magnétite finement broyée destinée à être utilisée pour la séparation en milieu lourd.

Terre-Neuve

Les quatre projets apparentés, non reliés aux domaines miniers, réalisés dans le cadre du Programme de technologie des mines et des minéraux, dont les Laboratoires des sciences minérales de CANMET étaient responsables, ont coûté 600 000 $ au cours de l'exercice 1986-1987. Le contrat sur la sélection à Terre-Neuve de gisements minéraux convenant à des fins de recherche a permis de choisir deux gisements, soit un gisement de quartzite à Labrador City et un gisement de zinc/plomb/cuivre à Tulks Hill. À la suite de cette sélection, le projet relatif à la quartzite de Labrador City a été confié à un laboratoire de l'extérieur. Deux gisements ont fait l'objet de carottage/échantillonnage, soit la "route de Fermont" et la "côte 2907". Dans les deux cas, la teneur en SiO_2 était supérieure à 97,5 %, tandis que les teneurs en Fe et en Al étaient inférieures à 0,24 % et 0,48 % respectivement. Au moins un de ces gisements était exploitable à l'échelle industrielle.

L'évaluation du gisement de Point Leamington s'est poursuivie. Quatre trous, représentant en tout 609,6 mètres, ont été forés et des échantillons de carotte ont été envoyés à la Noranda Research où des essais préliminaires de broyage et de flottation ont donné des résultats prometteurs, plus particulièrement en ce qui concerne la récupération du Zn.

Nous avons évalué la réactivité aux alcalis des agrégats utilisés comme granulats dans le béton. Actuellement, on prélève et on classe des échantillons d'agrégat provenant de sources existantes et de sources potentielles. Les études pétrographiques ont été poursuivies. Nous avons pris les mesures nécessaires en vue de couler du béton et de mesurer ses propriétés. Pour ce qui est du projet de la Iron Ore qui porte sur l'évaluation des liants, la première partie a été terminée. Deux liants, soit l'Allchem 8C26 et la tourbe, ont donné des résultats prometteurs. Nous prévoyons effectuer d'autres études avec ces substances. Le projet visant à augmenter le taux de récupération du minerai de fer a été mis en oeuvre avec le prélèvement d'échantillons et l'exécution d'analyses minéralogiques des phases renfermant le Fe et le Mn. Vingt-cinq tonnes d'échantillons ont été préparés et envoyés au laboratoire en vue d'être analysés.

Nouveau-Brunswick

Sept contrats ont été exécutés au cours de l'exercice 1986-1987 dans le cadre de l'Entente sur l'exploitation minérale intervenue entre le Canada et le Nouveau-Brunswick. Comme le taux de récupération des espèces métalliques contenus dans les corps minéralisés sulfurés complexes de la province est relativement faible et que la technologie actuelle produit des polluants, un programme a été mis en oeuvre en vue de mettre au point une nouvelle technologie permettant de contourner ces difficultés en faisant appel à un procédé d'extraction au chlorure ferrique. Un autre projet a été mis en oeuvre en vue d'exploiter les gisements très importants, mais à faible teneur en manganèse, de la province. Une étude de faisabilité a été entreprise en vue d'examiner les aspects nécessaires pour extraire du gisement un produit susceptible d'être commercialisé. L'évaluation de la réactivité aux alcalis des agrégats a fait l'objet d'un autre projet. Ce projet étudie la détérioration des ouvrages en béton causée par la réactivité aux alcalis. En ce qui concerne l'industrie de la potasse, on fait appel aux techniques d'analyse d'image pour optimiser les circuits de traitement et on étudie actuellement l'utilisation de sel usé comme matériau de remblayage. Deux projets seront mis en oeuvre en 1987 : il s'agit (i) de l'optimisation de la technologie minière pour la mine n° 12 de la société Brunswick Mining and Smelting et (ii) de l'élaboration d'un logiciel applicable à l'exploitation d'une mine. Ce logiciel, qui comprendra des données relatives à la prospection, à la planification, à la production, etc., aura pour but d'accroître la productivité et d'améliorer l'environnement eu égard à la santé et à la sécurité. On cherche à mettre sur pied d'autres projets qui seront réalisés dans le cadre de l'Entente de mise en valeur des minéraux.

Saskatchewan

Le Secteur de la science et de la technologie (Secteur B) a exécuté six contrats pendant l'exercice 1986-1987 dans le cadre de l'Entente sur l'exploitation minérale intervenue entre la Saskatchewan et le Canada. Un contrat à coûts partagés (avec le SPPA) a été conclu en février 1987 en vue de faire des recherches sur les techniques de mesure microsismique dans les mines de potasse. L'affaissement à l'échelle régionale est également un problème dans les mines de potasse, et un contrat d'une durée d'une année a été accordé en vue d'élaborer un modèle de prévision. Un autre programme à coûts partagés (avec Cominco) a été mis en oeuvre au cours de l'année en vue d'étudier dans quelle mesure la séparation en milieu dense peut être appliquée à l'enrichissement de la potasse. Un programme parallèle portant sur la séparation

magnétique à sec a été entrepris (avec la Central Canada Potash). Ces deux études sur l'enrichissement dureront deux ans, prévoit-on. Une troisième étude sur l'enrichissement électrostatique du chlorure de potassium (sylvite) tiré du chlorure de sodium (halite) s'est poursuivie. Les résultats sont suffisamment encourageants pour poursuivre les recherches pendant la troisième année. Un contrat à coûts partagés administré par la Potash Corporation of Saskatchewan et visant à améliorer la qualité des produits de potasse qui sont exportés a été entrepris au cours de l'année. Les travaux expérimentaux seront terminés en juin 1987 et des recommandations relatives aux mesures qui seront prises à grande échelle par l'industrie seront formulées au début de 1988. Les dépenses totales prévues aux termes du contrat s'élevaient à 252 000 $, dont 101 000 $ par l'industrie de la potasse.

Manitoba

Les Laboratoires des sciences minérales de CANMET sont responsables, au sein du Secteur de la recherche et de la technologie de l'Entente sur l'exploitation minérale, de la réalisation des projets relatifs à la technologie de traitement financés par le fédéral. Au cours de l'exercice 1986-1987, onze projets relatifs au traitement, financés par le fédéral, ont été réalisés : ces projets comportaient l'exécution de seize contrats séparés. Les dépenses encourues au cours de cette période se sont élevées à 546 900 dollars.

Le rapport final portant sur les travaux expérimentaux et sur l'élaboration du diagramme représentant les circuits, en vue de vérifier l'applicabilité du procédé GCM aux concentrés de cuivre de HBM&S, a été terminé, et on procède actuellement à l'évaluation de la rentabilité. Dans le cadre d'un projet portant sur la récupération de l'or et de l'argent dans les résidus sulfurés provenant de l'extraction sous pression du zinc, un rapport final a été préparé sur trois procédés hydrométallurgiques de rechange (extraction à la thiourée, au chlorure et au cyanure). Nous prévoyons effectuer d'autres travaux expérimentaux afin d'établir pourquoi l'extraction à la thiourée et au chlorure n'est pas techniquement réalisable. La production de résidus d'extraction sous pression du zinc en vue d'effectuer des essais à plus grande échelle a été réalisée à contrat par un laboratoire de l'extérieur, et des travaux expérimentaux sur les procédés pyrométallurgiques de rechange ont été entrepris.

Des travaux réalisés à contrat sur la récupération des métaux dans les résidus d'oxyde ont donné des résultats encourageants; toutefois, il faudra effectuer d'autres travaux expérimentaux avant de procéder à l'évaluation préliminaire de la rentabilité. Un projet sur les rejets de pyrrhotine progresse actuellement suivant l'échéancier prévu; les travaux réalisés dans le cadre de ce projet ont montré qu'il y a lieu de s'attaquer au calcul du bilan énergétique de la fonderie relié aux teneurs élevées en pyrrhotine. Des travaux réalisés à contrat et comportant l'utilisation de la minéralogie appliquée en vue d'améliorer les taux de récupération des espèces métalliques du gisement de Trout Lake sont presque terminés. Deux projets à coûts partagés ont été entrepris avec la mine Ruttan de la Sherritt Gordon; l'un de ces projets porte sur l'application de la technologie de flottation sur colonne aux concentrés de zinc provenant de la dégrossisseuse et de l'épuiseuse, et l'autre sur le contrôle du procédé de flottation. Nous avons obtenu des résultats encourageants avec ces deux projets. Nous avons poursuivi nos travaux sur l'étude à plusieurs phases portant sur le traitement et sur l'évaluation de la rentabilité du gisement de chromite de Bird River.

Un rapport final portant sur les études effectuées en laboratoire et en usine pilote a été préparé, et une évaluation préliminaire de la rentabilité a permis d'établir qu'il était possible de produire de l'acier inoxydable. Nous avons réalisé une étude sur le broyage du gypse afin de déterminer les avantages possibles d'un broyage fin par rapport aux caractéristiques de calcination et aux exigences relatives à la teneur en eau au cours de la fabrication de panneaux pour revêtement mural. Selon les résultats, la quantité d'eau entrant dans la fabrication de panneaux en gypse peut être réduite à l'aide de surfactifs; toutefois, cette façon de procéder n'est pas toujours rentable. De plus, le broyage ou le traitement en surface du stuc permettrait peut être de réduire la demande en eau, mais l'efficacité de ce procédé n'a pas encore été démontré. Selon les résultats d'une autre étude portant sur l'amélioration du feldspath à Tanco, la régulation étroite du circuit actuel des milieux denses constitue la méthode la plus rentable et la plus efficace pour produire un feldspath conforme à ces spécifications.

PARTIE B. SERVICES GÉNÉRAUX ET OPÉRATIONS

LABORATOIRE DE CHIMIE

Gestionnaire: H.F. Steger

Résumé des services d'analyse

Les chiffres présentés dans ce tableau indiquent le nombre d'analyses effectuées par le Laboratoire de chimie dans le cadre des programmes de CANMET, pendant la période comprise entre le 1er avril 1986 au 31 mars 1987.

Au cours de cette période, aucun dosage n'a été réalisé à contrat pour le Laboratoire de chimie

LABORATOIRE DE MÉTALLURGIE EXTRACTIVE

Section de chimie physique

Chef: A.H. Webster

a) Analyse thermique

Sous-sous-activité	Nombre d'essais
30,21	6
30,29	10
30,52	4
50,62	28
70,65	6
70,88	5
Total	59

b) Programmation informatique

Sous-sous-activité	Nombre de travaux
30,05	1
30,13	1
30,69	1
30,77	1
30,95	1
Total	5

LABORATOIRE DE TRAITEMENT DES MINÉRAUX

Section de minéralogie

Chef: P.R. Mainwaring

Résumé des services minéralogiques

Sous-sous activité	Microscopie électronique par balayage	Analyses à l'aide de sonde (unité de travail)	Analyses d'image	Analyses par diffraction des rayons X
20,79	4	1	-	20
30,05	25	27	18	155
30,13	4	4	27	239
30,21	7	0	-	8
30,29	10	1	-	34
30,37	2	0	-	1
30,45	9	6	-	11
30,52	68	47	-	127
30,61	1	2	-	-
30,69	1	4	-	-
30,77	49	30	-	567
30,86	3	5	-	186
Totaux	174	127	45	1350

Services de taille des pierres, de séparation des minéraux et autres

Services	Nombre de travaux achevés
Sections polies	1286
Lames minces	95
Séparations magnétiques	5
Analyses de broyage et de criblage	84
Séparations par liquide dense	24
Calcination à basse température	21
Synthèse de normes	15

PROGRAMME DE PROJETS POUR INDUSTRIE/LABORATOIRES (PPIL)

N° de projet	Projet	Industrie	Directeur scientifique
37	Lixiviation biologique souterraine sur place de minerai d'uranium	Denison Mines	M. Campbell
442	Mise au point d'électrolytes de sodium solides	Almax Ind.	T. Wheat
634	Produits de construction à base de ciments ensachés à sec	Target Products & Levelton Assoc.	H. Wilson
722	Traitement de l'amiante par voie humide	Brinco Mining (Cassiar Div.)	D.M. Doyle
723	Gunite en vapeurs de silice	Target Products & Hardy Assoc.	H. Wilson
870	Four à arc au plasma alimenté en c.c.	Inco. Ltd.	J. Skeaff
938	Béton fibreux peu perméable	Gemite Unique Products Inc.	M. Malhotra
969	Mise au point d'une technique de flottation en colonne	Cominco Ltd.	G. Feasby

TRAVAUX EXÉCUTÉS À CONTRATS, AVEC RECOUVREMENT DES COÛTS

025230 - La préparation du matériau de référence radiométrique RGTh-1 pour l'AIEA

025244 - Consultation sur la récupération du vanadium contenu dans des cendres volantes

025256 - Gallium contenu dans une liqueur bayer

025257 - La récupération de terres rares

025259 - Une caractérisation minéralogique de certains produits de lixiviation de minerai réfractaire de la Denison Mines

025260 - Plasticité de schistes à brique

025261 - Surface de cinq échantillons de sel

025263 - Une analyse minéralogique de produits de traitement provenant de la mine d'étain d'East Kemptville, de la Rio Algom

025264 - Identification d'un "arséniate de cuivre" de la Cominco, de Trail (C.-B.)

025266 - Une analyse minéralogique de produits de zinc provenant de Kutcho Creek

025267 - Préparation de matériaux de référence de bain électrolytique

025268 - Plasticité de mélanges d'argile spéciaux

025269 - Une étude de libération et une caractérisation minéralogique de produits d'un circuit de cuivre de l'Inco, à Sudbury

025271 - Propriétés céramiques d'une argile du Nord de l'Ontario

025273 - Datation des traces de fission de 6 échantillons pour l'Université d'Ottawa

025275 - La détermination de la teneur en carbone d'un calcium métal pour la Chromasco

025276 - Consultation sur un procédé de traitement brut

025277 - Étude minéralogique de la source du manganèse contenu dans la calcite brute de la Chromasco

025279 - Étude minéralogique du mode des manifestations d'or dans des produits d'essai d'Alberts Lake

025281 - Une étude minéralogique d'échantillons contenant du Pt-Pd, provenant de Rutledge Lake, T.N.-O.

025282 - Récupération de nickel à Key Lake

025283 - Étude minéralogique du gîte Lara

025287 - La préparation d'échantillons de référence de sédiments lacustres pour le CCEI

025288 - Meta-Probe Inc. - imagerie SEM (microscopie électronique par balayage)

025292 - Analyse par diffraction des rayons X de deux produits de traitement

025295 - Services de consultation relatifs à l'aménagement d'un laboratoire à la Coastech Research

PROJET SPÉCIAL

Étude sur les fonderies de minerais non ferreux

• **Chef de projet:** W.J.S. Craigen

Objectifs:

Cette étude constitue la réponse à une demande formulée par des parlementaires qui souhaitaient que le CANMET apporte sa contribution technique à la réalisation d'une étude globale sur les aspects économiques, techniques et écologiques de l'industrie canadienne des fonderies de minerais non ferreux. Les objectifs premiers de l'étude sur les fonderies de minerais non ferreux ont été, pour la majeure partie, réalisés avec la publication de deux rapports spéciaux d'EMR, l'un sur le nickel et le cuivre, et l'autre sur le plomb et le zinc. Les travaux poursuivis dans le cadre de cette étude sont maintenant axés sur la mise en oeuvre des initiatives liées au développement de la technologie, documentées dans les rapports de EMR et décrits avec plus de détails, emplacement par emplacement, dans les profils technologiques de CANMET. Actuellement, l'aide gouvernementale visant à encourager le lancement de projets de développement technologique peut être obtenue des sources suivantes: programme PDIR du MEIR, EEM fédéraux/provinciaux, propositions spontanées (CANMET/ASC), et PPIL et CRSNGC.

Statut:

Les sociétés Inco et Falconbridge ont présenté au Gouvernement de l'Ontario leurs deux premiers rapports d'étape semestriels, concernant leurs plans de modernisation de fonderie. Les projets de développement technologique ou d'innovation, décrits dans les rapports des sociétés Inco et Falconbridge, s'inscrivent dans l'esprit des recommandations du rapport spécial de EMR sur le nickel et le cuivre, et le CANMET appuie pleinement les initiatives en matière de recherche et de développement, dont plusieurs reçoivent, ou recevront, un soutien financier gouvernemental dans le cadre du programme PDIR, du MEIR.

En raison de l'état déprimé de l'industrie du minerai de fer, la société Algoma a choisi de respecter l'ordonnance ontarienne relative au contrôle des émanations de SO_2, en réduisant sa production à 0,9 million tpa, depuis le niveau de 2,0 millions tpa. Même si des techniques ont été mises au point, techniques qui permettraient à l'Algoma de satisfaire à la réglementation régissant les émanations dans l'environnement, tout en exploitant ses installations à pleine capacité, la société ne peut s'offrir ces techniques, pour le moment.

L'Inco a sollicité et reçu l'autorisation liée à sa première demande PDIR, au MEIR, visant le soutien financier d'une évaluation d'une installation de démonstration d'un nouveau procédé de rejet de la pyrrhotine (Po). Le coût total du projet est estimé à 5,2 millions $ (1986), dont quelque 3,5 millions $ sont affectés aux immobilisations. Le calendrier de construction et d'exploitation est estimé à 19 mois, et les travaux devaient commencer à la fin de 1986. Le CANMET a fourni au MEIR une documentation à l'appui du

projet, fondée sur la vérification des retombées possibles. La Falconbridge poursuit actuellement trois projets de développement technologique faisant l'objet d'un soutien financier du MEIR, dans le cadre du PDIR, afin d'atteindre les objectifs prévus sur les plans de la modernisation de ses installations et du contrôle du SO_2. Les trois projets, connus sous le nom de "grillage accru", "nettoyage des laitiers de convertisseur" et "rejet de la pyrrhotine", ont un coût réuni estimé à 15,2 millions $, échelonné sur une période de 5 ans. Tous les projets ont été évalués et approuvés par le CANMET et ils progressent de façon satisfaisante. La majeure partie du projet de nettoyage des laitiers de convertisseur a été menée à terme et un rapport d'étape provisoire a été publié. La date d'achèvement a toutefois été reportée afin de permettre la réalisation d'études à plus long terme sur la durée de vie des réfractaires et d'autres sources de réducteurs de ferrosilicium.

Les négociations entre la Noranda, le Gouvernement du Québec et le MEIR relativement au financement de l'installation de traitement de l'acide de la fonderie Horne, afin de respecter les objectifs en matière de réduction des émanations de SO_2, ont été menées à terme. Même s'il n'existe pas d'innovation technologique directement liée à cette installation, le CANMET continue de jouer un rôle consultatif auprès des gouvernements fédéral et provincial, pour ce qui regarde la modernisation générale de la fonderie.

La HBMS a terminé la majeure partie de son étude sociale et économique concernant la modernisation de sa fonderie de zinc en utilisant le procédé de lixiviation sous pression du zinc Sherritt, qui a déjà été éprouvé et évalué par la HBMS, par la Sherritt et par le CANMET. Un mémoire au MEIR, sollicitant un soutien financier gouvernemental, applicable à la mise en oeuvre de la nouvelle technologie, devrait être présenté sous peu.

La Cominco a confirmé le choix du procédé QSL, dans le cadre de son programme de modernisation de sa fonderie de plomb de Trail. Le CANMET est en général d'accord avec ce choix, qui est fondé sur des considérations d'ordre technique, économique et environnemental. La mise en place de cette nouvelle technologie, avec un soutien financier du MEIR, se poursuit, comme prévu.

Une réunion parrainée par la CIL, à laquelle ont participé des représentants de l'industrie et d'administrations gouvernementales pour discuter de la nécessité d'une association de la technologie des produits du soufre, et de stratégies de mise en oeuvre possible, s'est traduite par un engagement, pris par sept entreprises, à soutenir ce projet. La CIL continuera de jouer un rôle moteur pour ce qui regarde l'élaboration du mandat, du budget, de la liste des priorités et du mode d'exploitation de l'organisme, avant que des démarches soient entreprises pour obtenir une aide financière gouvernementale.

La Nova Pb a mené à terme avec succès le premier essai de 2 000 tonnes de poussières de fonderie de la Noranda Horne, et un deuxième essai a été entrepris pour tenter d'améliorer les débits et les rendements. Un rapport d'étape visant le premier essai a été reçu à CANMET. Ce projet fait l'objet d'une aide financière dans le cadre du programme "DRECT" de CE/EMR.

Un projet en coparticipation, entrepris par les sociétés Cominco et UBC, sur la modélisation matnématique du procédé de lixiviation sous pression du zinc (ZPL) a été entrepris avec l'appui du CRSNGC; le CANMET joue le rôle d'autorité scientifique. Les données obtenues seront très pertinentes pour tous les utilisateurs actuels et éventuels du procédé de lixiviation sous pression du zinc.

Une proposition spontanée concernant "le traitement des résidus hydrométallurgiques" a été présentée par la Cominco à CANMET, pour commentaire et pour étude de possibilités de partage des coûts. La proposition vise l'amélioration de la séparation et de la récupération du soufre, du plomb et des métaux précieux dans les résidus de lixiviation de procédé hydrométallurgique (ZPL, GCM, RLE, et autres), et pourrait présenter un avantage particulier pour les sociétés Cominco, HBMX, Kidd Creek Mines ou Noranda. Le CANMET évalue actuellement les possibilités d'un soutien financier en 1987-1988.

Une réunion a eu lieu avec le MEIR et avec la Tonolli Canada afin de discuter d'une demande de PDIR visant la modernisation et l'expansion de la fonderie de plomb secondaire de la Tonolli. Une réunion a également eu lieu avec la Tibur-Howden, pour discuter de l'avancement du projet d'installation de démonstration, qui reçoit un soutien financier dans le cadre du PDIR du MEIR; il s'agit d'une fonderie qui utilise un arc au plasma pour le traitement de poussières de cheminée de fonderies de minerais ferreux et non ferreux. Le CANMET participe à ces deux projets à titre d'expert-conseil scientifique, auprès du MEIR.

Une proposition spontanée de l'Université McMaster et de l'Université de Toronto concernant "la fusion par réduction directe de minerais sulfurés" a reçu l'appui de CANMET, sur une base restreinte, après révision considérable de la proposition originale. Le projet permettra d'examiner la possibilité de tirer du H_2S de laitiers de fonderie sulfurifères.

Le contrat de partage des coûts conclu entre le CANMET et l'Inco, de Sudbury, sur "le contrôle de l'électrolyte d'affinage du cuivre" est presque terminé. Une étude bibliographique complète a été menée à terme, et un rapport provisoire, précisant les résultats de tous les travaux d'essai effectués, a été publié. Un rapport final était prévu pour avril 1987.

Le contrat conclu entre le CANMET et l'Inco Sudbury, prévoyant le partage des coûts d'une étude sur "la fusion/réduction au plasma appliquée à la production de nickel utilitaire" avance de façon satisfaisante. L'étape de la construction devait se terminer en août 1987.

Les projets de développement de fonderie qui suivent sont actuellement en cours dans le cadre de l'EEM conclu avec le Manitoba:

Rejet de la pyrrhotine: Inco Thompson

Ce projet avance de façon satisfaisante, selon le calendrier prévu. On attache maintenant plus d'importance à la solution des problèmes de bilan énergétique de la fonderie, problèmes causés par les niveaux élevés de rejet de la pyrrhotine.

Procédé hydrocuivre GCM; HBMS/Bacon Donaldson

Le rapport final concernant les essais et la mise au point du procédé, pour vérifier la faisabilité technique du procédé GCM, destiné à une application à des concentrés de cuivre de la HBMS, a été présenté par la Bacon Donaldson, et sa diffusion par la HBMS et le CANMET a été autorisée.

Le rapport d'évaluation économique HBMS/CANMET sur le procédé GCM est prévu pour avril 1987. Beaucoup de temps et d'effort sont consacrés à l'évaluation des exigences énergétiques thermiques du procédé, et certaines modifications aux chiffres du bilan matière BDA, notamment dans le circuit d'oxyhydrolyse, ont été nécessaires.

La récupération de l'or et de l'argent contenus dans des résidus sulfurés ZPL; HBMS/Bacon Donaldson and Associates/Sherritt

Le rapport final BDA sur les trois options hydromet (lixiviation à la thio-urée, au chlorure et au cyanure) a été reçu. D'autres travaux d'essai sont prévus à CANMET pour tenter de déterminer pourquoi les techniques d'extraction à la thio-urée et au chlorure ne sont pas techniquement faisables. La production de résidus ZPL pour la mise à l'essai sur une plus grande échelle d'options de récupération d'or et d'argent, a été faite avec succès par la Sherritt et un rapport final a été rédigé et approuvé par la HBMS et par le CANMET. Les travaux d'essai sur l'option pyrométallurgique applicable à la récupération de l'or et de l'argent se poursuivent à CANMET, sur une plus grande échelle, afin d'améliorer l'exactitude des bilans matière. L'évaluation économique comparée des options viables sur le plan technique ne sera vraisemblablement pas terminée avant juin 1987.

La récupération de l'or et de l'argent contenus dans les résidus d'oxyde ZPL; HBMS/Sherritt

Un énoncé de travail a été rédigé et approuvé, et les travaux devraient être entrepris au début de l'année financière 1987-1988.

La récupération du métal contenu dans des résidus oxydés; HBMS/Sherritt

La Sherritt a rédigé deux rapports d'étape détaillés, dans le cadre de l'Étape I de cette étude. Les résultats sont encourageants, même s'il faudra faire d'autres essais avant de tenter une évaluation économique préliminaire. Le parachèvement de l'Étape I, y compris l'évaluation économique préliminaire, est prévu pour avril 1987. Toutefois, le démarrage de l'Étape II (si celui-ci est justifié) pourrait être reporté à l'exercice financier 1988-1989, en raison des contraintes budgétaires de l'EEM.

En 1986-1987, le CANMET a continué de participer, à titre de conseiller technique, aux Systèmes de récupération plus poussés (SRPP) ainsi qu'au RPC, portant sur l'exploitation et l'évaluation de l'installation de traitement pilote SRL, de Chatham (N.-B.). L'installation a bien fonctionné, sur une base intégrée soutenue, durant quelque deux mois, à l'été de 1986, et l'évaluation de la viabilité économique et technique des procédés, à la lumière de l'exploitation de l'installation pilote, est maintenant presque terminée. Un rapport final, comprenant une évaluation technique et économique, par un expert-conseil de l'extérieur, devrait être terminé à l'automne de 1987.

Contrats

- Demande 5-9030, "Mettre au point des techniques d'enrichissement minéral permettant de réduire les émanations de S, et faire des essais sur les émanations de S, à la fonderie de l'Inco, située à Thompson (Man.)" (To develop S reducing mineral beneficiation techniques and perform S emission tests at Inco Smelter, Thompson, Man.), Inco Ltd. D.S. - W. Craigen.

- Demande 5-9129, "La récupération de l'or et de l'argent contenus dans les résidus de la lixiviation sous pression du zinc, Étape I" (Gold-silver recovery from zinc pressure leach residues Phase I), Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W. Craigen.

- Demande 5-9220, "Résidus oxydés de la récupération du métal" (Metal recovery oxide residues), Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W. Craigen.

- Demande 5-9264, "La récupération de l'or et de l'argent contenus dans les résidus de la lixiviation sous pression du zinc, Étape II" (Gold-silver recovery from zinc pressure leach residues Phase II), Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W. Craigen.

- Demande 6-9191, "La récupération de l'or et de l'argent contenus dans les résidus de la lixiviation sous pression du zinc, Étape III" (Gold-silver recovery from zinc pressure leach residues Phase III), Hudson Bay Mining and Smelting Co. Ltd. D.S. - W. Craigen.

PARTIE C. PARTICIPATION À DES COMITÉS TECHNIQUES

COMITÉS INTERNATIONAUX

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION

Barkley, D.J.
- membre, CAC/ISO/TC 26/SC 1, Cuivre et alliages de cuivre;
- membre, CAC/ISO/TC 17/SC 1, Analyse de l'acier et de la fonte.

Chen, T.T.
- membre, CAC/ISO/TC 175, spath fluor.

Graham, J.A.
- membre, CAC/ISO/TC 183, Minerais et concentrés de cuivre, de plomb et de zinc.

Hole, J.C.
- membre, CAC/ISO/TC 102, Minerais de fer;
- président, CAC/ISO/TC 102/SC 2, Minerais de fer.

Mainwaring, P.R.
- membre, CAC/ISO/TC Mixte 146/147/SC 3, WG1, Détection des fibres d'amiante dans l'air.

Malhotra, V.M.
- président, CAC/ISO/TC 71, Béton (SC 1 et SC 3).

Smith, C.W.
- membre, CAC/ISO/REMCO, Comité des matériaux de référence.

Steger, H.F.
- président, CAC/ISO/REMCO, Matériaux de référence.

Sutarno, R.
- membre, CAC/ISO/TC 102, Minerai de fer;
- président, CAC/ISO/TC 102/SC 1, Sous-comité de l'échantillonnage;
- convocateur, ISO/TC 102/SC 2/WG 12, Sous-comité de l'analyse chimique, Groupe de travail sur l'évaluation des données statistiques;
- représentant canadien auprès du Groupe d'étude des matériaux de référence - Minerais de fer, CAC/ISO/TC 102/SC 2;
- membre, CAC/ISO/TC 69, Application des méthodes statistiques;
- président, CAC/ISO/TC 69/SC 6, Méthodes de mesure et résultats;
- représentant canadien au ISO/TC 69/SC 6/WG 1, Révision de ISO 5725;
- convocateur, ISO/TC 69/SC 6/WG 4, Groupe de travail conjoint entre ISO/TC 69 et ISO/REMCO sur les aspects statistiques des matériaux de référence;
- membre, CAC/ISO/REMCO, Matériaux de référence.
- membre, CAC/ISO/TC 183, Minerais et concentrés de cuivre, de plomb et de zinc.
- convocateur, ISO/TC 183/WG 10, Évaluation statistique des programmes d'essai.

Wilson, J.M.D.
- membre, CAC/ISO/TC 24, Tamis, tamisage et autres méthodes de criblage;
- membre, CAC/ISO/TC 102, Minerais de fer (SC 3 et SC 5).

ASSOCIATION INTERNATIONALE DE MINÉRALOGIE

Cabri, L.J.
- représentant canadien, Commission de la microscopie des minerais.
- rapporteur, Sous-comité des méthodes d'analyse, Commission de la minéralogie appliquée.

Chen, T.T.
- membre, Comité des sulfosels.

Petruk, W.
- membre, Comité de la minéralogie appliquée

COMITÉ INTERNATIONAL DE MINÉRALOGIE APPLIQUÉE DANS L'INDUSTRIE MINÉRALE

Petruk, W.
- représentant canadien;
- agent de liaison.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE

Campbell, M.C.
- membre, Groupe d'experts-conseils sur l'extraction de l'uranium.

Dalton, J.L.
- expert-conseil, Techniques d'analyse appliquées à l'exploitation de l'uranium, à la mise en valeur et au traitement des minerais.

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE

Ahmed, S.M.
- responsable technique canadien de la liaison avec l'A.I.E. pour la Tâche VI (électrolyse photocatalytique de l'eau) dans le cadre du Programme de recherche, de développement et de production d'hydrogène à partir de l'eau.

DIVERS

Cabri, L.J.
- éditeur, 3rd Special Platinum Issue Journal of Economic Geology.

Carette, G.G.
- membre, 2e Conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des laitiers et des vapeurs de silice, Madrid, 1986.

Dutrizac, J.E.
- membre, Comité de rédaction, hydrométallurgie, Elsevier Publishing Co., Amsterdam.

Holmes, R.W.
- membre, Agence de l'énergie nucléaire, Groupe des utilisateurs du Code d'évaluation des systèmes probabilistes.

MacKinnon, D.J.
- membre, Comité de rédaction, hydrométallurgie, Elsevier Publishing Co., Amsterdam.

McCready, R.G.L.
- membre, Comité de rédaction, hydrométallurgie, Elsevier Publishing Co., Amsterdam.

Malhotra, V.M.
- président, 2e Conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des laitiers et des vapeurs de silice, Madrid, 1986;
- membre, Comité des essais non destructeurs du béton.

Mirkovich, V.V.
- directeur, Conférence internationale sur la conductivité thermique;
- membre, Comité de rédaction, International Journal of Thermophysics, Plenum Press, N.Y.

Ritcey, G.M.
- membre, Comité international de la technologie de l'extraction aux solvants;
- rédacteur en chef, International Journal of Hydrometallurgy, Elsevier Pub. Co., Amsterdam;
- membre, Comité de rédaction, Journal of Separation Process Technology, C. Lildwell Press, Angleterre;
- membre, Comité de rédaction, Science and Technology of Tributyl Phosphate, C.R.C. Press, Pub.;
- membre, Comité de rédaction, Extractive and Process Metallurgy, Gorden & Branch, Pub;
- membre, Conférence internationale sur la science et la technologie de la séparation, Comité international;
- président, Conférence internationale sur la science et la technologie de la séparation, Deuxième conférence.

Sirois, L.L.
- membre, Comité scientifique international du Congrès international sur le traitement des minéraux;
- membre, Dixième congrès international sur la préparation des charbons, Comité organisateur.

Soles, J.A.
- membre, Comité sur la minéralogie appliquée, AIME;
- membre, Comité organisateur, 7e Conférence internationale sur la réactivité des alcalis;
- membre, Sous-comité des normes et des essais concernant les agrégats et les bétons, Association canadienne de normalisation.

Stefanski, M.J.
- membre, Dixième congrès international sur la préparation des charbons, Comité du programme technique

Townsend, M.G.
- expert-conseil auprès d'un groupe international d'experts sur les méthodes d'analyse et de surveillance du radon, du thoron et de leurs produits de filiation, Agence de l'énergie nucléaire, Organisation pour la coopération et le développement économiques;
- professeur associé au CENG, Grenoble, France.

Wilson, H.S.
- secrétaire, trésorier et membre du Comité organisateur, 2e Conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des laitiers et des vapeurs de silice, Madrid, 1986.

CANADA

GOUVERNEMENT FÉDÉRAL

Andrews, P.R.A., Doyle, D., Lamothe, J.-M., Soles, J.A., Wang, S.S.B., Wilson, H.S.
- membres, Comité de liaison interdirection, Minéraux industriels (ILIM).

Bédard, P.
- membre, Comité LSM-TDE.

Bell, D.H.
- co-président, Sous-comité technique pour la technologie minière et minérale, Ententes sur l'exploitation minérale CANADA-TERRE-NEUVE.

Campbell, M.C.
- président, BIOMINET;
- président, Comité LSM-TDE;
- membre, Comité des acquisitions TDE du CANMET;
- membre, Groupe d'évaluation des ressources en uranium;
- membre, Groupe de coordination sur la biotechnologie.

Collings, R.K.
- président, Liaison interdirection, Minéraux industriels (ILIM).

Horton, R.E., Lalonde, C.
- membre, Comité d'EMR sur l'hygiène et la sécurité au travail.

John, R.D.
- membre, Comité consultatif, Deuxième conférence internationale sur la gestion des résidus radioactifs.

McCready, R.G.L.
- secrétaire, BIOMINET.

Pilgrim, R.F.
- membre, Comité LSM-TDE.

Smith, C.W.
- membre, Comité consultatif LSM-TDE.

Stefanski, M.
- co-président, Sous-comité technique de la technologie minière et minérale, Ententes sur l'exploitation minérale CANADA/TERRE-NEUVE.

Steger, H.F.
- membre, Comité interministériel des politiques de normalisation.

Sutarno, R.
- membre, Comité LSM-TDE;
- membre, Comité des acquisitions TDE de CANMET;
- représentant des LSM au Comité CAD de CANMET.

MINISTÈRE DE L'EXPANSION INDUSTRIELLE RÉGIONALE

Craigen, W.J.S.
- membre, Comité consultatif technique pour l'installation pilote de grillage (sulfatation) et lixiviation, Canada - Nouveau-Brunswick;
- membre du Conseil d'administration, Systèmes de récupération plus poussée;
- membre du Comité consultatif technique pour la modernisation des fonderies septentrionales.

OFFICE DES NORMES GÉNÉRALES DU CANADA

Douglas, E.
- membre, Comité GP-34, Produits d'amiante-ciment.

UNIVERSITÉ DE COLOMBIE-BRITANNIQUE
CENTRE DE MISE AU POINT DES PROCÉDÉS MÉTALLURGIQUES

Campbell, M.C.
- membre, Comité consultatif technique

ENVIRONNEMENT CANADA

Joe, E.G.
- membre, Groupe de travail sur les exploitants d'or.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES EN SCIENCES NATURELLES ET EN GÉNIE

Bell, D.H.
- secrétaire scientifique, Comité d'attribution des subventions, Génie chimique et métallurgique.

Dutrizac, J.E.
- membre, Comité d'attribution des subventions, Génie chimique et métallurgique.

Townsend, M.G.
- membre, Comité de la technologie des circuits intégrés en silicium.

DIVERS

SOCIÉTÉ CANADIENNE DE LA CÉRAMIQUE

Ahmad, A.
- membre, Division de l'électronique et des sciences fondamentales;
- président, Division de l'électronique et des sciences fondamentales, sessions techniques;
- juge, Concours céramographique.

Canaday, J.D.
- rédacteur associé, Journal de la Société canadienne de la céramique.

Kuriakose, A.K.
- président, Comité céramographique;
- rédacteur associé, Journal of CCS;
- directeur, C.C.S.;
- président de session, assemblée annuelle CCS, Division de l'électronique et des sciences fondamentales.

Wheat, T.A.
- directeur, Division de l'électronique et des sciences fondamentales;
- président, Comité des publications.

COMITÉ CANADIEN DE LA CHIMIE ANALYTIQUE PROPRE À L'INDUSTRIE NUCLÉAIRE CANADIENNE

Dalton, J.L.
- membre, Comité organisateur du 4e Atelier (mai 1988).

INSTITUT CANADIEN DES MINES ET DE LA MÉTALLURGIE

Cabri, L.J.
- représentant, Volumes spéciaux.

Collings, R.K.
- membre, Comité des volumes spéciaux.

Doyle, D.
- secrétaire, Division des exploitants canadiens de minéraux;

Dutrizac, J.E.
- co-président, Colloque international de 1986 sur le contrôle du fer en hydrométallurgie;
- membre, Comité de l'histoire de la métallurgie;
- membre, direction de la Section de l'hydrométallurgie.

Laguitton, D.
- membre, Comité de maîtrise des procédés et des applications de l'informatique.

Lalonde, C.R.
- représentant du bâtiment; 555, rue Booth.

MacKinnon, D.J.
- président du Comité de publicité, Colloque international de 1986 sur le contrôle du fer en hydrométallurgie.

Mainwaring, P.R.
- président, Section des sciences minérales et de la métallographie, Société de métallurgie.

Ritcey, G.M.
- membre, direction de la Section de l'hydrométallurgie.

Skeaff, J.M.
- président, Publicité, Conférence des métallurgistes de l'ICM 1988.

CONFÉRENCE DES EXPLOITANTS CANADIENS DE MINÉRAUX

Joe, E.G.
- trésorier.

Doyle, D.
- secrétaire.

COMITÉ NATIONAL CANADIEN DE L'UNION INTERNATIONALE DE CRISTALLOGRAPHIE

Szymanski, J.T.
- secrétaire.

ASSOCIATION CANADIENNE DE NORMALISATION

Andrews, R.P.A.
- membre, Comité du gypse et de la chaux (A.82);
- président, Sous-comité de rédaction.

Carette, G.G.
- membre, Comité du ciment (A.5);
- membre, Comité des mélanges servant à la préparation du ciment.

Malhotra, V.M.
- membre, Comité exécutif des agrégats et du béton (A.23.1, A.23.2, A.24.3);
- membre, Comité de l'ACNOR (A.23.1).

Soles, J.A.
- membre, Sous-comité de la réactivité des agrégats dans le ciment;
- membre, Comité du ciment et des agrégats.

Sutarno, R.
- membre, Comité des applications des méthodes statistiques.

SOCIÉTÉ CANADIENNE DE GÉNIE CIVIL

Malhotra, V.M.
- membre, Comité des activités techniques;
- rédacteur associé, Canadian Journal of Civil Engineering.

COMITÉ CANADIEN MÉTALLURGIQUE DES PRODUCTEURS D'URANIUM

Dalton, J.L.
- trésorier, Sous-comité d'analyse;
- convocateur, Voie de l'analyse par fluorescence aux rayons X, CANMET

INSTITUT DE CHIMIE DU CANADA

Hole, J.C.
- président, Comité des inspecteurs.

Leaver, M.E.
- membre, Comité des questions professionnelles de la section d'Ottawa.

GROUPE DE TRAVAIL DES EXPLOITANTS DE MINERAIS DE FER

Cameron, W.
- président et secrétaire.

Campbell, F.R., Doyle, D., Kuriakose, A.K., Quon, D., Stefanski, M.J., Wilson, J.M.D.
- membres.

ASSOCIATION MINÉRALOGIQUE DU CANADA

Cabri, L.J.
- président sortant;
- président, Comité de nomination;
- président, Comité de reconnaissance du mérite des présidents sortants

Szymanski, J.T.
- rédacteur associé, Canadian Mineralogist.

SOCIÉTÉ DE SPECTROSCOPIE DU CANADA

Leaver, M.E.
- président, Publicité, XXV^{e} Colloquium Spectroscopicum Internationale.

Whittwer, J.W.
- directeur, Section de la vallée de l'Outaouais.

COMITÉ TECHNIQUE SUR LE RUISSELLEMENT DES EAUX ACIDES EN PROVENANCE DES MINES

McCready, R.G.L.
- membre, (Aéroport International d'Halifax)

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE

Malhotra, V.M.
- membre, Comité des activités techniques;
- membre, Comité 114 de l'ACI des besoins en matière de recherches sur le béton;
- président, Comité 226 de l'ACI/Sous-comité des vapeurs de silice;
- membre, Conseil de recherches "Malesian";
- membre, Comité technique (214, 226, 228 et 568).

AMERICAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGICAL AND PETROLEUM ENGINEERS

Dutrizac, J.E.
- membre, Comité des publications;
- membre, Comité sur le plomb, le zinc et l'étain.

Mainwaring, P.R.
- membre, Minéralogie appliquée.

Petruk, W.
- président, Méthodes, minéralogie appliquée;
- membre, Comité des activités techniques.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS

Horton, R.E.
- membre, Comité E.02, Spectroscopie d'émission;
- chef, Groupe de travail sur le chevauchement des raies en spectrométrie des rayons X.

Malhotra, V.M.
- membre, Comité C.09, Béton;
- président, C.09.02.05, Sous-comité sur les essais non destructeurs du béton.

Sutarno, R.
- membre, Comité exécutif, E-16, échantillonnage et analyse des minerais métallifères;
- membre, Groupe de travail sur l'échantillonnage.

AMERICAN CERAMIC SOCIETY

Ahmad, A.
- membre, The Basic Science Division.

Kuriakose, A.K.
- membre.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL, U.S.A. - TRANSPORTATION RESEARCH BOARD

Malhotra, V.M.
- président, Comité A2 E.03, Propriétés mécaniques des bétons.

PARTIE D. PUBLICATIONS, ARTICLES, EXPOSÉS ET RAPPORTS

Ouvrages

Dutrizac, J.E. et Monhemius, A.J. "Iron control in hydrometallurgy"; Ellis Horwood Ltd.; 1986.

Articles et communications publiés dans des livres

Cabri, L.J. "Platinum group metals resources"; Encyclopedia of Materials Science and Engineering; 3579-3582; 1986.

Gould, W.D., Hagedarn, C. et McCready, R.G.L. "Area transformation and fertilizer efficiency in soil"; Advances in Agronomy, vol. 40, Academic Press, N.Y.

Articles publiés dans des actes de conférence

Ahmed, S.M., Leduc, J. et Haller, S.F. "Studies of the photoelectrolytic behaviour of specular hematite"; Actes de la 6e Conférence mondiale sur l'utilisation de l'hydrogène comme source d'énergie, vol. 2; éd. T.N. Veziroglu, N. Getoff et P. Weinzierl; 495-505; 1986.

Campbell, M.C. "Canadian government activities in biotechnology as applied to the mineral industry"; Can Biotechnology 16:377-382; 1986.

Carette, G.G., Malhotra, V.M., Bédard, C., De Benedictis, V. et Plumat, M. "Development of heat-curing cycles for portland cement-fly ash concrete for the precast industry"; Actes de la 2e Conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des fumées de silice, des laitiers et des pouzzolanes naturelles dans le béton; Madrid; Espagne; 1986.

Chen, T.T. et Dutrizac, J.E. "Mineralogical characterization of anode slimes from the Kidd Creek Copper Refinery"; Copper Electrorefining and Winning '87, TMS-AIME; 1986.

Demopoulos, G.P., Pouskouleli, G. et Ritcey, G.M. "A novel solvent extraction system for the refining of precious metals"; ISEC '86; vol. II; 1986.

Douglas, E., Malhotra, V.M. et Emery, J.J. "Cementitious properties of non ferrous slags from Canadian sources"; Cement, Concrete and Aggregates ASTM; 1985.

Douglas, E., Mainwaring, P.R. et Hemmings, R.T. "Pouzzolanic properties of Canadian non-ferrous slags"; Actes de la 2e Conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des fumées de silice, des laitiers et des pouzzolanes naturelles dans le béton; SP-91-75:1525-1535; 1986.

Dutrizac, J.E. "Kinetics of the ferric chloride leaching of silver, antimonian silver and silver chloride"; Hydrometallurgical Reactor Design and Kinetics, TMS-AIME, 1-21; 1986.

Holmes, R.W., Murray, M.L., Chambers, D.B. et Knapp, R.A. "An approach to risk assessment for Canadian uranium mill tailings"; Actes de la 2e Conférence internationale sur la gestion des résidus radioactifs; Winnipeg (Manitoba); 1986.

John, R.D. "Research into the long-term environmental effects of uranium tailings"; Actes de la 2e Conférence internationale sur la gestion des résidus radioactifs; Winnipeg (Manitoba); 1986.

Kuriakose, A.K., Quon, D.H.H., Bell, K.E. et Soles, J.A. "Extrusion and induration of iron ore using polymers and calcium carbonate as plasticizer/bond"; Actes de la Conférence TMS-AIME, Nouvelle-Orléans; 1986.

Laguitton, D., Sirois, L.L. et Flament, F. "Le calcul par ordinateur dans l'industrie minéralurgique canadienne en 1984"; IMPAC Proceedings 62-74; 198.

Laskowski, J., Bustin, M., Moon, K.S. et Sirois, L.L. "Desulfurizing flotation of Eastern Canadian high-sulfur coal"; Processing and Utilization of High Sulfur coals - Coal Science and Technology 9:247-266; 1985.

Malhotra, V.M. "Fresh concrete properties and compressive strengths of melgran concrete"; Proceedings of VII International Melment Symposium Berchtesgaden; mars 1983.

Malhotra, V.M. "Mechanical properties, and freezing and thawing resistance of non air-entrained and air-entrained condensed silica fume concrete using ASTM Test C 666, Procedures A and B"; Cement, Concrete and Aggregates ASTM; 1985.

Malhotra, V.M. "Developments in materials technology, a state-of-the-art"; International Colloquium on Concrete in Developing Countries - Materials, Design and Construction 1:3-38; 1985.

McCready, R.G.L. et Lakshmanan, V.I. "Review of bioadsorption research to recover uranium from leach solutions in Canada - Immobilization of ions by bio-sorption"; Éd. H. Eccles et S. Hunt; Ellis Horwood Publications; Chichester, U.K.; 1986.

Mikhail, S.A. "Potential use of thermal analysis in monitoring fluid-bed coal combustors"; Proceedings of the 15th North American Thermal Analysis Society Conference; Éd. H.K. Chen; 179-185; 1986.

Petruk, W. "Image analysis studies to determine liberations of sphalerite, chalcopyrite and galena during grinding of fine grained pyritic Zn-Pb-Cu-Ag ores"; Actes du 15e Congrès international de minéralurgie, 77-87; 1985.

Pilgrim, R.F. "The SPOC project software and manual"; Actes de la 18e Assemblée annuelle des minéralurgistes canadiens; 377-406; 1986.

Quon, D.H.H. et Moon, K.S. "Degradation of direct bonded chrome magnesia bricks in secondary steelmaking under vacuum"; Proceedings of TMS-AIME Conference, New Orleans; 1986.

Ritcey, G.M. "Silica fouling in ion exchange, carbon-in-pulp and solvent extraction circuits"; Actes de la 24e Conférence annuelle des métallurgistes, Vancouver (C.-B.); 1985.

Sampson, S., Silver, M.S. et Wheeland, K.G. "Biological treatment of thiosalts in mill effluents"; Actes de la 15e Réunion annuelle sur l'hydrométallurgie; 1985.

Skeaff, J.M., Mainwaring, P.R. et Spezlman, J.L. "Electrochemical determination of arsenide-oxide equilibria in the system Ni-As-O between 438° and 866°C; Proceedings of the CIM-AIME Symposium on Complex Sulphides: Processing of Ores, Concentrates and By-products; San Diego, Nov. 10-13, 1985, édité par A.D. Zunkel et al., The Metallurgical Society of the AIME; Warrendale, Pa., États-Unis; 1985.

Tan, K.G. et Bédard, P.L. "Development of a mini plant chlorinator for ferric chloride leach processes"; Actes de la 36e Conférence canadienne de génie chimique; Sarnia (Ontario); CSChE Paper 19a; 1986.

Wheat, T.A. "Ceramics activities at CANMET"; Actes du Conseil industrie-universités de la céramique avancée; Toronto (Ontario); 1986.

Articles publiés dans des revues extérieures

Ahmed, S.M. "The Canadian contribution to the I.E.A. work on photoelectrolysis of water"; Int J Hydrogen Energy 11; 627-637; 1986.

Andrews, P.R.A. "A laboratory study of the flotation circuit at Bakertalc Inc. Highwater, Québec"; CIM Bull 78:884:75-78; 1985.

Andrews, P.R.A. "Talc in Canada: A review of past and present evaluation studies conducted at CANMET"; Industrial Minerals 63-69; 1986.

Barkley, D.J. et Cassidy, R.M. "Dynamic chromatographic systems for the determination of rare earths and thorium in samples from uranium ore refining processing"; Anal Chem 58:2222-2226; 1986.

Bernier, G., Jandl, S. et Provencher, R. "Spontaneous and stimulated photoluminescence of GaSe in the energy range of 2.075-2.125 eV"; J Luminescence 35:2889-300; 1986.

Cabri, L.J. "The 4th International Platinum Symposium - Preface"; Economic Geology 81:5:1045-1048; 1986.

Chen, T.T., Quon, D.H.H. et Wang, S.S.B. "Compositions and microstructures of furnace-bottom deposits produced from beneficiated Western Canadian bituminous coals"; Can Mineral 24:229-237; 1986.

Chen, T.T. et Wang S.S.B. "Constituents of calcined limestone and their relevance in paper manufacturing"; Can Mineral 24:303-306; 1986.

Deschênes, G. "Recovery of gold from thiourea solutions: Literature survey"; CIM Bull 79:895:76-83; 1986.

Donaldson, E.M. et Wang, M. "Determination of silver, antimony, bismuth, copper, cadmium and indium in ores, concentrates and related materials by atomic-absorption spectrophotemetry after methyl isobutyl ketone extraction as iodides"; Talanta 33:233-242; 1986.

Douglas, E. et Mainwaring, P.R. "Hydration and pozzolanic activity of non-ferrous slags"; Ceramic Bull 64:5:700-706; 1985.

Douglas, E. et Zerbino, R. "Characterization of granulated and pelletized blast furnace slags"; Cement and Concrete Research 16:662-670; 1986.

Dutrizac, J.E. "The reaction of zirconium with selenium vapour"; Can Metall Q 24:4:375-376; 1985.

Dutrizac, J.E., Jambor, J.L. et Chen, T.T. "Host minerals for the gallium-germanium ores of the Apek Mine, Utah"; Economic Geology 81:946-950; 1986.

Dutrizac, J.E., Jambor, J.L. et Ripmeester, J.A. "Hydroniium ion in the alunite-jarosite group"; Can Mineral 24:435-447; 1986.

Dutrizac, J.E. et Jambor, J.L. "Behaviour of cesium and lithium during the precipitation of jarosite-type compounds"; Hydrometallurgy 17:251-265; 1987.

Haque, K.E. et Lucas, B.H. "Mini pilot scale hydrochloric acid leaching of an Elliot Lake uranium ore"; Uranium 2:327-342; 1986.

Haque, K.E., Laliberté, J.J. et Pruneau, J. "Batch and counter current acid leaching of uranium ore"; Hydrometallurgy 17:229-238; 1987.

Jongejan, A. "Observations on the microbial cellulose-degradation process that decreases water acidity"; International Biodeterioration 22:3:207-211; 1986.

Knight, G., Moore, E. et Smith, C.W. "Size distribution of airborne dust in Labrador iron mines"; Am Ind Hyg Assoc J 48:2:150-154; 1987.

Laskowski, J.S., Sirois, L.L. et Moon, K.S. "Effect of humic on coal flotation Part 1 - Coal flotation selectivity in the presence of humic acids"; Coal Preparation 3:133-154; 1986.

Longworth, G., Townsend, M.G. et Ross, C.A.M. "Mossbauer spectra of several sheet silicates in magnetic fields"; Hyperfine Interactions 28:451-454; 1986.

MacKinnon, D.J., Brannen, J.M. et Fenn, P.L. "The effects of As(III) and As(V) on zinc electrowinning from industrial acid sulphate electrolyte"; J Appl Electrochemistry 16:899-906; 1986.

McCorkell, R.H. "Radon emanation rate studies: interlaboratory standard reference materials and the effects of powdering and pelletizing"; CIM Bull 70:66-69; 1986.

McCready, R.G.L., Wadden, D. et Marchbank, A. "Nutrient requirements for the in-place leaching of uranium by Thiobacillus ferrooxidans"; Hydrometallurgy 17:61-71; 1986.

Nebesar, B. et Carette, G.G. "Variations in the chemical composition, specific surface area, fineness, and pozzolanic activity of a condensed silica fume"; ASTM Cement, Concrete and Aggregates; 1986.

Péloquin, R., Provencher, R., Jandl, S. et Aubin, M. "Optical transitions in ZrS_2 and $ZrSe_2$ from thermoreflectance measurements"; J Phys C 19:3141-3149; 1986.

Provencher, R., Ayache, C., Jandl, S. et Jay-Gérin, J.P. "Low-temperature specific heats of ZrS_3 and $ZrSe_3$"; Solid State Comm 59:553-556; 1986.

Rolia, E. et Tan, K.E. "The generation of thiosalts in mills processing complex sulphide ores"; Can Metall Q 24:4:293-302; 1985.

Séguin, P.E., Poirier, M. et Provencher, R. "Microwave dielectric function of $ZrS_{3-x}Se_x$ compounds"; J Phys C 19:4303-4313; 1986.

Silver, M. "Parameters for the operation of bacterial thiosalt oxidation ponds"; Applied and Environmental Microbiology 50:3:663-669; 1985.

Skeaff, J.M., Mainwaring, P.R. et Speelman, J.L. "Thermochemical arsenide-oxide equilibria in the system Ni-As-O determined electrochemically between 438° and 866°C"; Can Metal Quarterly 24:4:349; 1985.

Steger, H.F. et Sutarno, R. "Stability of CRMs: Significance to the user"; Geostandards Newsletter X:1:93-98; 1986.

Steger, H.F. et Legeyt, M. "Radium-226 in uranium mill tailings - I - fate and consequent dissolution"; J. Radional Chem 110:1:95-104; 1987.

Sutarno, R. et Bowman, W.S. "ISO/TC 102/SC 2/WG 12B - Report on activites for the period of 1982-1984"; ISO/TC 102/SC Working Document; 1984.

Sutarno, R. et Steger, H.F. "Uses of certified reference materials for the assessment of a measurement process (sixth draft of ISO Guide 33)"; ISO/Remco Guide 33; 1985.

Townsend, M.G. "Reply to comments on magnetism in biotites"; Phys and Chem Minerals 13:282-283; 1986.

Townsend, M.G., Longworth, G. et Kodama, H. "Magnetic interaction at low temperature in chlorite and its products of oxidation: A Mossbauer investigation"; Can Mineral 24:105-115; 1986.

Townsend, M.G., Longworth, G. et Roudaut, E. "Triangular-spin kagome plane in jarosites"; Physical Review B 33:4919-4926; 1986.

Wheat, T.A., Ahmed, A, Kuriakose, A.K. et Canaday, J.D. "Hydrogen-conducting solids"; J. Can Ceramic Soc 54:32-39; 1985.

Wilson, L.J. et Mikhail, S.A. "Investigation of the oxidation of niccolite by thermal analysis"; Thermchimica Acta 112:197-213; 1987.

Exposés

Ahmed, S.M. "Photoelectrochemical and impedance studies of specular hematite and photoluminescence studies of GaAs with and without cobalt films"; Atelier VI de l'Agence internationale de l'énergie, Université de Leuven, Leuven, Belgique; juillet 1986.

Ahmed, S.M. "Studies of the photoelectrolytic behaviour of specular hematite"; 6e Conférence mondiale sur l'utilisation de l'hydrogène comme source d'énergie; Vienne, Autriche, juillet 1986.

Barkley, D.J. "Dynamically and permanently coated columns for liquid chromatographic determination of anionic species in samples from environmental control processes"; 16e Colloque international de chromatographie, Paris, France, septembre 1986.

Carette, G.G. "Characterization of Canadian fly ashes and their relative performance in concrete"; 2e Conférence internationale sur les cendres volantes, les fumées de silice, les laitiers et les pouzzolanes naturelles dans le béton; Madrid, Espagne; avril 1986.

Carette, G.G. "Properties and performance of Canadian fly ashes with particular reference to Nova Scotia lingan fly ash"; Colloque sur les cendres volantes de la Nouvelle-Écosse, Halifax (N.-É.); novembre 1986.

Chen, T.T. "Forms of silver in hydrometallurgical zinc processing"; Association géologique du Canada et Association minéralogique du Canada, Assemblée annuelle mixte, Ottawa (Ontario); mai 1986.

Chen, T.T. "Mineralogical overview of iron control in hydrometallurgical processing"; Colloque international sur la maîtrise du fer en hydrométallurgie, Toronto (Ontario); octobre 1986.

Chen, T.T. "A mineralogical study of anode copper and copper refinery anode slimes"; 25e Conférence annuelle des métallurgistes, Toronto (Ontario); août 1986.

Dalton, J.L. "CCRMP/NUTP interlaboratory measurement projects for radionuclides in compositional reference materials"; 69e Conférence canadienne de la chimie, Saskatoon (Saskatchewan), juin 1986.

Doyle, D.M. "Canada-Nova Scotia MDAs research and technology"; Assemblée annuelle de la Société minière de la Nouvelle-Écosse; Keltic Lodge, Nouvelle-Écosse; juin 1986.

Doyal, D.M. "Beneficiation-grinding studies, asbestos, R&D activities at CANMET"; Colloque sur l'amiante, Québec; octobre 1986.

Dutrizac, J.E. "Leaching of silver minerals"; Colloque sur invitation, tenu à la Boliden Metall, en Suède; avril 1986.

Dutrizac, J.E. "Ferric chloride leaching of silver, antimonian silver and silver chloride"; 25e Conférence annuelle des métallurgistes, Toronto; août 1986.

Dutrizac, J.E. "The behaviour of silver in zinc processing"; Colloque sur invitation, tenu à la Cominco Ltd., Trail (C.-B.); septembre 1986.

Dutrizac, J.E. "Mineralogical characterization of the residues from the two-stage pressure leaching of bulk concentrate"; Colloque sur invitation, Sherritt Gordon Mines Ltd., Fort Saskatchewan (Alberta), septembre 1986.

Gould, W.D. "Destruction of the cyanide from gold mill effluents using enzymes"; 25^{e} Conférence CIM annuelle des métallurgistes; Toronto; août 1986.

Haque, K.E. "The leachability of radium-226 from uranium ores"; 25^{e} Conférence CIM annuelle des métallurgistes; Toronto; août 1986.

Kuriakose, A.K. "Synthesis of silicon carbide"; pour présentation à l'Assemblée annuelle de la Société canadienne de la céramique; février 1987.

Malhotra, V.M. "Durability of concrete containing supplementary cementing materials in marine environment"; CANMET/ACI 2^{e} Conférence internationale sur l'utilisation des cendres volantes, des fumées de silice, des laitiers et des pouzzolanes naturelles dans le béton, Madrid, Espagne; avril 1986.
McCready, R.G.L. "Current Biotechnology research in mining"; 36^{e} Assemblée annuelle de la Société canadienne des microbiologistes; juin 1986.

Mikhail, S.A. "Potential use of thermal analysis in monitoring fluid-bed coal combusters"; 15^{e} Conférence nord-américaine de la Société d'analyse thermique, Cincinnati, Ohio; septembre 1986.

Ritcey, G.M. "Hydrometallurgy - its development and future"; pour présentation à la réunion de l'American Chemical Society, New York; avril 1986.

Steger, H.F. et Legeyt, M. "The dissolution of radium-226 in uranium mill tailings"; 69^{e} Conférence canadienne de la chimie, Saskatoon, (Saskatchewan); juin 1986.

Sutarno, R. "ISO/TC 183 - Copper, lead and zinc ores and concentrates: international tests during the period 1984-1986"; Réunion des analystes minéralurgistes canadiens, Kamloops (C.-B.); septembre 1986.

Tan, K.G. "Development of a mini plant chlorinator for ferric chloride leach processes"; 36^{e} Conférence canadienne du génie chimique, Sarnia (Ontario); octobre 1986.

Townsend, M.G. "Propriétés magnétiques des silicates bidimensionnels"; Rennes, France; avril 1986.

Townsend, M.G. "Magnetic properties of bidimensional materials"; Conférence internationale sur le magnétisme et les matériaux, Baltimore, Maryland; novembre 1986.

Wheat, T.A. "Advanced ceramics in Canada"; pour présentation au Congrès annuel de l'Institut canadien des mines et de la métallurgie, Montréal; mai 1986.

Wheat, T.A. "Advanced ceramics in Japan and Canada"; pour présentation à l'Atelier inaugural du Conseil canadien industrie-universités de la céramique, Toronto, juin 1986.

Wheat, T.A. "Advances ceramics - Japan today and Canada tomorrow"; pour présentation aux colloques industriels sur les céramiques avancées, parrainés par le ministère des Affaires extérieures en collaboration avec le ministère de l'Expansion industrielle régionale, à Montréal, le 18 juin, à Toronto, le 20 juin, et à Vancouver, en juin 1986.

RAPPORTS DE CANMET (CM)

CM 85-5E&F 30.37.02
R.G.L. McCready et V. Sanmugasunderam "Un résumé des rapports sur l'étude de préfaisabilité de la lixiviation bactérienne sur place; contrat avec la société Noranda"; septembre 1985.

CM 85-6 30.37.02
E. Douglas, P. Mainwaring, M. VanRoode et R.T. Hemmings "Determination of glass content in fly ashes and blast-furnace slags"; octobre 1985.

CM 85-12E&F 30.13.06
W. Petruk et P.R. Mainwaring "Évolution récente de la minéralogie appliquée des minerais sulfurés complexes"; octobre 1985.

CM 86-3 30.86.01
M. Silver "Analytical techniques for research on the abatement of bacterial acid generation in pyritic tailings"; novembre 1985.

CM 86-4 34.13.02
W. Petruk "Image analysis: An overview of developments"; avril 1986.

CM 86-6 30.37.01
G.G. Carette et V.M. Malhotra "Characterization of Canadian fly ashes and their relative performance in concrete"; février 1986.

Rapports du Programme canadien de matériaux de référence (PCMR)

CCRMP 86-1E 30.69.01
C.W. Smith, H.F. Steger et W.S. Bowman "Ma-1a, MA-2a, and MA-3; Certified gold reference ores"; juin 1986.

CCRMP 86-2E 30.69.01
J.L. Dalton et W.S. Bowman "CUP-1: A certified uranium reference ore"; juin 1986.

Rapports spéciaux (SP)

SP 85-3 30.37.01
V.M. Malhotra "Fly ash in concrete".

SP 85-6 30.45.03
R.G.L. McCready "Proceedings of the 2nd Annual General Meeting of BIOMINET, octobre 24-25; 1985".

SP 85-8 36.04.65
N.G. Zoldners et J.A. Soles "An annotated bibliography of nondestructive testing of concrete: 1975-1984".

SP 86-1E&F 30.69.02
P.E. Moloughney, "Assay methods used in CANMET for the determination of precious metals".

SP 86-7 (vol. 1) 30.45.03
R.G.L. McCready, V. Sanmugasunderam et W.D. Gould "Workshop on basic microbiology for the mineral industry".

SP 86-7 (vol. 2) 30.45.03
R.G.L. McCready, V. Sanmugasunderam et W.D. Gould "BIOMINET workshop - supplementary readings".

Programme national de recherche sur les résidus d'uranium (PNRRU)

NUTP-1E&F 38.01.01
"Manuel d'échantillonnage de résidus d'uranium."

NUTP-2E&F 38.01.01
Smith, C.W., Steger, H.F., Bowman, W.S. "Matériaux de référence de résidus d'uranium."

NUTP-3E&F 38.01.01
Chiu, N.W., Dean, J.R. "Manuel de méthodes radio-analytiques."

NUTP 85-1 (TR) 38.01.01
Leclair, M. "Literature review for the National Uranium Tailings Program (NUTP) physical parameters of tailings and underlying aquifer study on contaminant migration".

NUTP 85-3 (TR) 38.01.01
McInnis, P. "Literature review for the National Uranium Tailings Program (NUTP) - long-term effects of natural events on uranium tailings impoundments".

NUTP 85-4 (TR) 38.01.01
John, R.D., Dalton, J.L. "Fish study for the National Uranium Tailings Program (NUTP)".

NUTP 85-5 (TR) 38.01.01
"The long-term safety assessment of uranium mill tailings: National Uranium Tailings Program plans for 1985/87".

NUTP 85-6 (TR) 38.01.01
"National Uranium Tailings Program. Interim Report 1983-1985".

Rapports de Division

Rapports de recherche (IR)

MSL 83-148 (IR) 34.02.04
Pouskouleli, G., Prud'homme, P.J.A. "Solvent extraction of silver from nitrate systems by tri-isobutylphosphine sulphide (TiBPS)"; novembre 1983.

MSL 84-91 (IR) 36.04.66
Carette, G.G., Wilson, H.S., Tan, C.W. "Development of superplasticized lightweight high-strength concrete incorporating steel fibres, silica fume and fly ash"; juin 1984.

MSL 85-2 (IR) 36.04.65
Berry, E.E., Malhotra, V.M. "Compilation of abstracts of papers from recent international conferences and symposia on fly ash in concrete"; janvier 1985.

MSL 85-71 (IR) 36.04.66
Wilson, H.S. "Performance of ilmenite concrete at sustained elevated temperatures"; décembre 1984.

MSL 86-48 (IR) 30.21.02
Wilson, J., Petruk, W. "Mineralogy of sortex products from Canadian salt, Pugwash, N.S."; mars 1986.

MSL 86-50 (IR) 30.21.02
Collings, R.K., Andrews, P.R.A. "Canadian silica resources: A study of the processing of selected silica samples from Nova Scotia, New Brunswick, Manitoba, Saskatchewan and British Columbia for glass and foundry sand"; mars 1986.

MSL 86-52 (IR) 30.69.02
Sutarno, R., Bowman, W.S. "ISO/TC 183/WG 10 - Determination of precision of analytical procedures by international trials - Tests for outliers"; avril 1986.

MSL 86-56 (IR) 30.69.02
Sutarno, R., Bowman, W.S. "ISO/TC 183/WG 6A - Determination of zinc in zinc concentrates. Statistical evaluation of international test data 1984-1986"; avril 1986.

MSL 86-63 (IR) 30.29.05
Quon, D.H.H., Bell K.E. "Corrosion resistance of doloma bricks in contact with slags from secondary steelmaking"; mai 1986.

MSL 86-65 (IR) 19.39.01
Cristovici, M.A., Gilmour T. "Investigation to eliminate the detrimental effect of dust-suppressing-wetting agents on flotation results (Opemiska copper ore)"; avril 1986.

MSL 86-67 (IR) 30.37.01
Douglas, E., Hemmings, R.T. "Characterization of granulated blast furnace slag for portland cement replacement in concrete"; mai 1986.

MSL 86-79 (IR) 30.21.02
Andrews, P.R.A. "Evaluation of a sample of kaolin from Black Island, Manitoba, as source materials for the paper industry"; juin 1986.

MSL 86-83 (IR) 30.29.05
Quon, D.H.H., Bell, K.E. "Performance of magnesia-carbon bricks in vacuum at high temperature"; juin 1986.

MSL 86-86 (IR) 30.21.02
Wang, S.S.B., Collings, R.K. "Beneficiation of rock salt samples from Pugwash, N.S."; juillet 1986.

MSL 86-87 (IR) 30.86.02
Petruk, W., Pinard, R.G. "Mineralogical and image analysis study of samples from core WA20 of the Waite Amulet tailings"; juin 1986.

MSL 86-88 (IR) 30.21.02
Andrews, P.R.A. "Beneficiation of a sample of nepheline syenite from British Columbia as source material for the glass industry"; juin 1986.

MSL 86-91 (IR) 30.77.01
Laflamme, J.H.G., Cabri, L.J. "Silver and bismuth of galena from the Brunswick No. 12 Mine"; juin 1986.

MSL 86-93 (IR) 30.37.01
Sivasundaram, V. "Thermal crack control of mass concrete"; juillet 1986.

MSL 86-95 (IR) 30.21.02
Collings, R.K., Lamothe, J.M., Wang, S.S.B., Andrews, P.R.A. "A study of the processing of barite samples from selected deposits in Nova Scotia"; septembre 1986.

MSL 86-99 (IR) 30.69.02
Sutarno, R., Bowman, W.S. "ISO/TC 102/SC 2/WG 19B - Determination of vanadium content in iron ores by BPHA spectrophotemetric method. Statistical analysis of international test data - 1986"; juillet 1986.

MSL 86-116 (IR) 30.69.02
Sutarno, R., Bowman, W.S. "ISO/TC 102/SC 2/WG 25B and WG 28A - Determination of phosphorus content in iron ores by molybdenum blue spectrophotometric methods. Statistical analysis of international test data - 1986"; septembre 1986.

MSL 86-128 (IR) 30.69.02
Sutarno, R., Bowman, W.S. "ISO/TC 102/SC 2/WG 21B - Iron ores - determination of nickel and/or chromium content by flame atomic absorption method statistical analysis of international test data - 1986"; octobre 1986.

MSL 86-130 (IR) 30.69.02
Sutarno, R., Bowman, W.S. "ISO/TC 102/SC 2/WG 26B - Iron ores - Determination of manganese content by atomic absorption spectrometric method statistical analysis of international test data - 1986"; octobre 1986.

MSL 86-135 (IR) 30.13.02
Kuriakose, A.K., Quon, D.H.H. "Extrustion and induration of Carol Lake iron ore using polymers and calcium carbonate for bonding"; octobre 1986.

MSL 86-137 (IR) 30.86.02
Jambor, J.L. "Detailed mineralogical examination of alteration products in Core WA20 from Waite Amulet tailings"; octobre 1986.

MSL 86-138 (IR) 30.77.01
Laflamme, J.H.G., Cabri, L.J. "Silver and antimony contents of galena from the Brunswick No. 12 Mine"; octobre 1986.

MSL 86-141 (IR) 30.69.03
Malhotra, V.M. "How to organize successfully an international conference"; octobre 1986.

MSL 86-147 (IR) 30.13.03
Andrews, P.R.A., Morain, L. "An evaluation of parameters controlling fine particle classification using a mozley hydrocyclone"; octobre 1986.

MSL 86-154 (IR) 30.69.01
Smith, C.W., Steger, H.F., Bowman, W.S. "The certification of thorium and uranium concentrations in CCRMP reference material OKA-2"; décembre 1986.

MSL 87-9 (IR) 30.69.02
Sutarno, R., Bowman, W.S. "ISO/TC 183/WG 5A - Determination of lead in lead concentrates. Statistical evaluation of international test data 1984-1986"; janvier 1987.

Rapports techniques, notes de service techniques, rapports d'étape, rapports d'information (TR)

MSL 84-26 (TR) 34.02.12
Sanmugasunderam, V., Dalton, J.L. "Adsorption of radium-226 by fungi"; février 1984.

MSL 84-57 (TR) 44.10.01
Ritcey, G.M., Wong, E.W. "Solvent extraction of uranium from a chloride leach liquor"; mai 1984.

MSL 85-133 (TR) 30.13.03
Andrews, P.R.A., Joe, R.D. "Calibration of the Bahco micro particle classifier using barite and silica flour"; décembre 1985.

MSL 86-26 (TR) 30.52.03
Deschênes, G., Prud'homme, P.J., Wong, E.W. "Recovery of gold from thiourea solutions: Investigation of cementation with metal powder, activated carbon, ion exchangers and solvent extraction - progress report"; janvier 1986.

MSL 86-70 (TR) 30.69.02
Sutarno, R. "ISO/TC 183 meeting Sydney, Australia 1986-04-27 to 1986-05-02 - Report of WG 10 convener"; mai 1986.

MSL 86-72 (TR) 30.95.01
Palmer, M. "A basic set-up for a reports office"; mai 1986.

MSL 86-81 (TR)
"Mineral Sciences Laboratories Annual Report"; avril 1986.

MSL 86-107 (TR) 30.52.02
MacKinnon, D.J., Brannen, J.M. "Cementation of copper and silver on granular iron from simulated iron chloride leach solutions"; septembre 1986.

MSL 86-108 (TR) 50.62.01
Hamer, C.A. "Evaluation of New Brunswick limestone as SO_2 sorbents in fluidized bed combustors"; août 1986.

MSL 86-110 (TR) 30.86.02
Provencher, R., Brett, M.E. "A preliminary report on some magnetic and Mossbauer spectroscopy. Investigations of Waite Amulet tailings"; août 1986.

MSL 86-118 (TR) 30.69.02
McCorkell, R. "Uranium determination by the fission track method"; septembre 1986.

MSL 86-122 (TR) 30.69.02
McCorkell, R. "Methods for the field measurement of radon concentration"; septembre 1986.

MSL 86-129 (TR) 30.45.02
McCready, R.G.L., Salley, J. "Preliminary results on the inhibition of pyrite oxidation by road salt and clay capping of Halifax pyritic shales"; septembre 1986.

MSL 86-149 (TR) 30.13.03
Andrews, P.R.A., Wang, S.S.B., Lamothe, J.M. "An evaluation of the Kipp-Kelly air table as a gravity concentration technique for industrial minerals"; septembre 1986.

MSL 86-167 (TR) 30.69.02
Dalton, J.L. "The uranium analytical laboratory"; décembre 1986.

MSL 86-168 (TR) 30.69.02
Sutarno, R. "ISO/TC 102/SC 2 - 13th International Meeting; Tokyo, Japan, 1986-11-9/14"; décembre 1986.

MSL 86-170 (TR) 30.52.02
Bédard, P.L., Richer, P., Tan, K.G. "Interfacing of the Pye Unicam PU8610 UV/VIS spectrophotometer with the Osborne 01 microcomputer"; décembre 1986.

MSL 87-2 (TR) 30.69.02
Dalton, J.L. "Calibration methodology and quality control in the uranium analytical laboratory"; janvier 1987.

MSL 87-4 (TR) 30.69.02
Dalton, J.L., Hunt, G. "The analysis of mill process solutions for ferrous/ ferric iron ratio, silicon and phosphorus concentrations by various analytical techniques"; janvier 1987.

MSL 87-2 (TR) 30.69.02
Dalton, J.L., Boncardo, M. "The determination of uranium ores, rocks and mineral processing solutions by X-ray fluorescence analysis"; janvier 1987.

MSL 87-15 (TR) 30.69.02
Churchill, T.R., Horton, R.E. "Atomic emission spectroscopy methods for measurement of impurities in uranium; janvier 1987.

Études documentaires (LS)

MSL 85-147 (LS) 30.45.01
Sanmugasunderam, V., Brassinga, R.D., Fulford, G.D. "Biodegradation of silicate and aluminosilicate minerals: A literature review"; octobre 1985.

MSL 86-16 (LS) 30.95.00
Loucks, D. "General index of the Canadian Gold Metallurgists. The Canadian Mineral Processors annual proceedings 1964-1985".

Brevets et demandes de brevet

Mikhail, S.A.
"Assembly for concurrent thermogravimetry and differential thermal analysis"; Brevet des États-Unis n° 4,606,649; août 1986.

Tan, K.G., Bédard, P.L. et Weatherell, C.J.
"Ammoniacal pressure leach process for treatment of copper refinery anode slimes"; Demande de brevet; 1986.

PARTIE E. ÉCHANGE DE TECHNOLOGIE

LISTE PARTIELLE DE SOCIÉTÉS, D'ORGANISMES GOUVERNEMENTAUX, D'UNIVERSITÉS ET D'ORGANISMES DE RECHERCHE AVEC QUI LES LABORATOIRES DES SCIENCES MINÉRALES ONT EU DES RAPPORTS AU COURS DE L'A-F 1986-1987

ADMINISTRATIONS GOUVERNEMENTALES

A

Accord de développement économique Canada-Yukon

Administration du pétrole et du gaz des terres du Canada (EMR)

Affaires extérieures

Agriculture Canada

Ambassade de la République populaire de Chine

Argentine, Secrétaire commercial à l'industrie minérale

B

Bureau de recherche et de développement de l'énergie (EMR)

Bureau des mines des États-Unis

Bureau du Premier ministre

Bureau du vérificateur général

C

Canada-Ontario, Développement des minéraux industriels (PRG)

Centre de Recherches minérales (Québec)

Chinese National Non-Ferrous Metals Company

Commissariat à l'Énergie Atomique (France)

Commission de contrôle de l'énergie atomique

Commission de l'énergie atomique de l'Australie

Commission de l'énergie atomique des États-Unis

Commission de la capitale nationale

Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) - Australie

Conseil de la recherche de l'Alberta

Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada

Conseil national de recherches Canada

Consulat commercial de l'Italie

D

Département de l'Énergie des États-Unis

Député, Bureau de G. St. Germain

Député, D. Nickerson, Arctique de l'Ouest

Député, Wm. Tupper, Nepean-Carleton

E

Eldorado Nucléaire Ltée

Environnement Canada

États-Unis - Programme de coopération technique

G

Gouvernement territorial (Whitehorse)

Groupe de discussion sur la R-D sur l'énergie

Groupe de travail CE/Canada sur les métaux et les matériaux

I

Institut fédéral pour les géosciences et les ressources naturelles

L

l'Énergie Atomique du Canada Limitée

Le vice-président de l'Équateur

M

Ministère d'État de l'Environnement et des Parcs de la C.-B.

Ministère d'État des Ressources naturelles de l'Ontario

Ministère d'État du Développement du Nord et des Mines de l'Ontario

Ministère d'État du Travail de l'Ontario

Ministère de l'Énergie et des Mines du Manitoba

Ministère de l'Environnement de l'Ontario

Ministère de l'Environnement de la Saskatchewan

Ministère de l'Environnement du Québec

Ministère d'État de l'Énergie, des Mines et des Ressources pétrolières

Ministère d'État de l'industrie et de la petite entreprise de la C.-B.

Ministère de l'Expansion industrielle régionale

Ministère des Affaires indiennes et du Nord

Ministère des Mines et de l'Énergie de la Nouvelle-Écosse

Ministère des Mines et de l'Énergie de Terre-Neuve

Ministère des Mines et des Richesses naturelles du Québec

Ministère des Ressources minérales de la Saskatchewan

Ministère des Ressources naturelles et de l'Énergie du Nouveau-Brunswick

Ministère du Travail de la Saskatchewan

Ministre d'État au commerce international et à l'industrie - Japon

Ministre d'État aux Sciences et à la Technologie

Mission canadienne à la CÉE

O

Office national de l'énergie

P

Pêches et Océans Canada

Premier ingénieur minier (Yukon et T.N.-O.)

Programme de coopération technique de l'Australie

R

Revenu Canada

S

Santé et Bien-être social Canada

Secteur de la politique minérale
(EMR) Solliciteur général du Canada

T

Transports Canada

Travaux Publics Canada

UNIVERSITÉS ET AUTRES ORGANISMES

A

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA)

American Concrete Institute

Annual CDN Mineral Processing Conference (18th)

Arizona University

Association des mines de métaux du Québec

Association du ciment Portland

Association du gypse

Atlantic Coal Research Institute,

Australian Technical Cooperation Program

B

Bureau des conférences du Canada

British Columbia Research

C

Canadian Mineral Processors

Canadian Mining Journal

Centre de la technologie des ressources

Centre for Occuptional Safety and Health

Chambre des mines des Territoires du Nord-Ouest

Clay Brick Manufacturers Association

College of Cape Breton

Collège de la Région de l'Amiante (Thetford Mines)

Collège militaire royal du Canada

Conseil de la recherche de la Saskatchewan

Conseil de la recherche et de la productivité du Nouveau-Brunswick

E

École Polytechnique

Exploitations minières des T.N.-O.

F

Fondation de la recherche de l'Ontario

Fondation de la recherche de la Nouvelle-Écosse

I

Idaho National Engineering Laboratory

Institut canadien des mines et de la métallurgie

Institut de biotechnologie de l'Atlantique

Institut de la technologie minérale de Turquie

Institut de recherche industrielle du Gouvernement du Japon

Institut du ciment et du béton

Institut national du ciment et des produits de construction

Industrie minérale du Manitoba sociétés (ADM MTG)

Institut de recherche en exploration minérale

K

Korea Advanced Energy Research Institute

L

L'Institut albertain du laser

Lab Nacional De Engenharia E Tecnologgia Industri

M

Michigan Technological University

N

New Brunswick Electric Power Company

O

Office national suédois pour le développement de la technologie

Ontario Hydro

S

Shanghai Research Institute of Building Science

Sir Sandford Fleming College

Société d'Aménagement de l'Outaouais

Société de développement du Cap-Breton (SDCB)

Société nationale portugaise de l'uranium

Sociétés productrices de métal du Japon

Sous-comité du traitement des minéraux (NACMMR)

Stériles acides réactifs, Groupe de travail technique

U

United Kingdom - Technical Cooperation Program

Université d'Ottawa

Université de l'Alberta

Université de la Colombie-Britannique

Université de Toronto

Université de Waterloo

Université du Nouveau-Brunswick

Université du Québec à Chicoutimi

Université du Québec à Montréal

Université Laurentienne

Université Laval

Université McGill

Université McMaster

Université Queen's

Université technique de la Nouvelle-Écosse

Université Western Ontario

INDUSTRIE

A

A. Chartrand, expert-conseil

A. Gutulov, expert-conseil en métallurgie

Advanced Industrial Materials Working Group

Agra Industries Limited

Air Liquide Canada Limitée

Alcan

Algoma

Almax Industries

Alsur Enterprises Limited

Altimag Consultants

Amazon Gold

American Cyanamid Limited

Amok Limited

Arctec Limited

Atlantic Nuclear Services Limited

Avalon Construction

B

Bailey Hoogovens Canada Inc.

Banque royale du Canada

BBT Geochemical Consultants

Beak Consultants

Bechtel Engineers

B.H. Levelton and Associates

Boliden W.P. Contech

Boojum Research

Brampton Brick Company

C

C.E.Z. Inc.

Callaham Mining Corporation

Camax Engineering

Cambrian Engineering Group Limited

Canada Brick Limited

Canadian Hunter Exploration Limited

Canadian Industries Limited (CIL)

Canterra Energy Limited

Cardinal Architects

Carter P., expert-conseil

Cassiar Mining Corporation

Central Canada Potash

Centre de Recherche Noranda

Chemex Labs Limited

Chemlab Inc.

Chutter D., expert-conseil

Cigar Lake Mining Corporation

Ciments Canada Lafarge Ltée.

Clifton Associates

Cluff Mining

CMS Rotordisk Inc

Coastech Research Inc.

Column Flotation of Canada Limited

Comcor Waste Systems Limited

Cominco Limited

Consolidated Silver Standard Mines

Coopers-Lybrand

Craig E., expert-conseil privé

Crothers

Curragh Resources

Cyanamid Canada

D

Denison Mines

Dobrocky Seatech Limited

Domtar

Dupont Canada

Durham Mines Limited

E

Eaglebrook Environmental International

East Kemptville Tin

EBA Engineering

Ekaton Industries Inc.

Eldor Mines Limited

Elkem A/S (Norvège)

Elliot Exploration Limited

Esso Resources

Extender Minerals

F

Falconbridge Limited

Fenco Engineering

Fleck Resources Limited

Fox, Jones and Associates

Fuller Construction Company

G

Garson, Garcy Enterprises

Gemite Unique Productions Inc.

Geomines Limited

Geosearch Limited

Gibraltar Mines

Global Thermoelectric Power Systems Limited

Globe and Mail - Toronto

Golder Associates

Great Central Mines

Grecian Magnesite S.A.

H

Hanna Mining Company

Harris N.D., expert-conseil

Harvey W., expert-conseil

Hatch Associates

Hawk Ridge Mineral Enterprises

Hearne Taurus

Hester K., expert-conseil

Hiex International Corporation

Highwood Resources

Hudson Bay Mining and Smelting Company

I

Imperial Chemical Industries (UK)

Inco

Indusmin (Div. de la Falconbridge)

Industrial Ceramics Limited

International Mineral and Chemical Company

Interuranium Canada Limited

IRDC

Iron Ore Company

Issacson M., cinéaste

J

J.M. Asbestos inc.

Jacques Whitford and Associates Limited

Johannesburg Consolidated Investment Company

K

Kaiser Aluminum

Kennedy W., expert-conseil privé

Khanna R. D^{r}, expert-conseil

KHD Humboldt Wedag

Kidd Creek Mines

Kilborn Engineering

Klein D^{r} propriétaire minier

Knight and Resold

KSK Associates

Kuntze D., expert-conseil

L

Lacana Mines Limited

Lake Asbestos

Lakefield Research

Lavalin

Linatex Canada

Liquid Air

Lodestone Limited

London and Scandinavian Metallurgical Company

M

Maclaren Plansearch

Madeleine Mines Limited

Maghemite Incorporated

Magstone Limited

Maltby P., expert-conseil

Masterloy Products Limited

McLean Hunter

Melis Consulting Engineers

MER Resources

Merrill-Lynch

Meta-Probe Inc.

Metal Recovery Industries

Metals and Mines Limited

40 Miles Placers

Mobil Oil (USA)

Monenco

Morrison Hershfield Limited

N

National Uranium Mining Company

Newmont Mines

Nodeni Consulting

Nolan, Davis and Associates

Noranda

Nordco Limited

Nova Corporation

NYCO

O

Ontario Hydro

P

Pamour Porcupine Mines

Penny Mines

Petro Canada

Pickands Mather

Pigment and Chemical Company

Pigment and Technology Inc.

Polar Resources Limited

Potash Corporation of Saskatchewan

Q

QCM

QIT - Fer et Titane Inc.

Quarm T.A., métallurgiste-conseil

R

Reichold Limited

Reiss Lime Company of Canada

Renzy Mines Limited

Resource Group

Rio Algom Limited

Robson G., expert-conseil privé

Roche Limited

Rockwell International

Rossing Uranium

S

Seabright Resources

Seargeant Hoskins and Beckwith

Senes Consultants

Sherritt Gordon Mines Limited

SKW

SNC Inc.

Statetech

Stearns Catalytic

Steeprock Resources

Steffen, Robertson & Kirsten

Stelco Inc.

Strathcona Minerals

T

Teck Mining company

Tenneco Limited

The Ottawa Citizen

Three Island Steel

Timminco-Chromasco

Todd M., expert-conseil

Tonolli Canada

Total Erickson Resources

Trow Limited

U

United States Reps. - technical Cooperation Program

Utah Mines (B.C.)

W

Wabush Mining

Watkins E., expert-conseil

Watt Engineering Limited

Westmin Resources Limited

Weston D., Consulting Metallurgist

Wilson D., avocat de brevets

Witteck Development Inc.

Z

Zenon Environmental Inc.

PARTIE F. PERSONNEL PROFESSIONNEL, TECHNIQUE ET ADMINISTRATIF

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
Sirois, L.L.	B.A., B.Eng., (McGill); Ing. p.	Directeur LSM
Craigen, W.J.S.	B.Sc. (Queen's)	Chercheur en sciences physiques
Joe, E.G.	B.Sc. (Queen's)	Chercheur en sciences physiques
ADMINISTRATION		
Alexander, G.		Technologue
Bart, J.A.		Soutien admin.
Bisson, S.		Soutien admin.
de Lepper, J.		Soutien admin.
Desrochers, L.R.		Soutien admin.
Groulx, P.		Soutien admin.
Joly, A.		Soutien admin.
Lord, S.		Soutien admin.
MacLeod, J.D.		Illustration scientifique
Mathurin, D.		Soutien admin.
O'Reilly, J.		Soutien admin.
Palmer, M.		Soutien admin.
Peruzzi, M.		Soutien admin.
Richer, P.		Technologue
Rochon, J.P.		Agent admin.
Steger, H.F.	B.Sc., Ph.D. (McMaster)	Gestionnaire
Guest, R.J.	B.Sc. (Acadia)	Gestionnaire adj.,
Opérations		
Atkinson, J.E.	B.A. (Queen's)	Chimiste
Barkley, D.J.	B.Sc. (Carleton)	Chimiste
Carson		Technologue
Charbonneau, R.		Technologue

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
LABORATOIRE DE CHIMIE		
Chénier, M.		Technologue
Churchill, T.R.	B.Sc. (Western Ontario)	Chimiste
Cloutier, J.C.		Technologue
Craig, R.R.	B.Sc. (Glasgow)	Chimiste
Curley, D.L.	B.Sc. (Carleton)	Chimiste
Cyfracki, E.		Technologue
Dalton, J.L.	B.Sc. (Manitoba); M.Eng (Carleton)	Chimiste
Desgagné M.	B.Sc. (Laval)	Chimiste
Desjardins, L.		Technologue
Donaldson, E.M.	B.Sc. (Manitoba)	Chercheur sci.
Fortin, R.A.		Technologue
Graham, J.A.	B.Sc. (Carleton)	Chimiste
Guibord, M.P.		Soutien admin.
Guillas, R.J.		Technologue
Hole, J.C.	B.A. (Toronto)	Chimiste
Horton, R.E.	B.Sc. (Carleton)	Chimiste
Hunt, G.A.	B.Sc. (Carleton)	Chimiste
Josling, C.A.		Technologue
Kobus, R.S.		Technologue
Lalande, J.L.		Soutien de labo.
Lalonde, C.R.		Technologue
Leaver, M.E.	B.Sc. (Queen's)	Chimiste
MacEachern, E.H.	B.Sc. (Mount Allison)	Chimiste
McIntosh D.G.		Soutien techn.
McCorkell, R.H.	M.Sc., Ph.D. (Manitoba)	Chimiste
McCulloch, L.		Technologue
Moloughney, P.		Technologue
Nelson, G.L.		Technologue
Palombo, D.P.		Technologue
Provencher, R.	B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Sherbrooke)	Chercheur sci.

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
Pugliese, R.J.		Technologue
Richardson, G.		Technologue
Sawchyn, M.N.		Technologue
Sheldrick, D.		Technologue
Smith, C.W.	M.Sc., Ph.D. (Queen's)	Chercheur sci.
Townsend, M.G.	B.Sc., Ph.D. (Southhampton)	Chercheur sci.
Tremblay, R.J.J.		Technologue
Varette, D.M.		Soutien admin.
Westra, P.		Soutien tech.
Wittwer, J.W.	B.Sc. (Carleton)	Chimiste

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
LABORATOIRE DE MÉTALLURGIE EXTRACTIVE		
Campbell, M.C.	B.Sc. (St. Francis Xavier) B.Eng. (N.S.T.C.). D.I.C., M.Sc. (London); Ing. p.	Gestionnaire
Ahmed, S.M.	B.Sc., M.Sc. Ph.D. (Saskatchewan)	Chercheur sci.
Bédard, P.L.		Technologue
Bell, D.H.	B.A.Sc. (Toronto); Ph.D. (London); D.I.C. (Imperial College)	Chercheur en sciences physiques
Bowman, W.S.	B.Sc., (Carleton)	Technologue
Brannen, J.M.		Technologue
Carter, L.E.		Technologue
Chalykoff, C.	B.Sc., (Carleton)	Technologue
Davidson, G.R.	B.Sc., (Carleton)	Technologue
Deschênes, G.	B.Sc., M.Sc. (Laval)	Chercheur en sciences physiques
Dinardo, O.	B.Sc. (Carleton)	Chercheur en sciences physiques
Dutrizac, J.E.	M.A.Sc., Ph.D. (Toronto)	Chercheur sci.
Gould, W.D.	B.Sc. (Manitoba); M.Sc. Ph.D. (Alberta)	Chercheur sci.
Hamer, C.	B.E. (N.S.T.C.), M.Sc. (Queen's); Ing. p.	Chercheur sci.
Haque, K.E.	M.Sc., Ph.D. (Ottawa)	Chercheur sci.
Hardy, D.J.		Technologue
Jasmin, D.		Soutien admin.
Joly, M.		Soutien tech.
Kearns, J.B.		Technologue
La Forest, D.		Technologue
Lavallée, L.		Soutien admin.

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
Leduc, J.	B.Sc. (Université de Montréal); M.Sc., Ph.D. (McGill)	Sci. rés.
Liang, D.	B.Sc., M.Sc. (Queen's)	Ing. p.
Lucas, B.H.	B.Sc. (Queen's); Ing. p.	Chercheur sci.
MacKinnon, D.J.	B.Sc., M.A., Ph.D. (Ottawa)	Chercheur sci.
McCready, R.G.L.	B.Sc., M.Sc. (Alberta); Ph.D. (Calgary)	Chercheur sci.
McNamara, V.M.	B.Sc., B.Eng., M.A.Sc. (Toronto); Ing. p.	Chercheur sci.
Mikhail, S.A.	B.Sc., Ph.D. (Caire); Dr. Eng. (Norvège)	Chercheur sci.
Molnar, R.	B.Eng. (McGill); Ph.D. (Univ. of London); D.I.C.	Chercheur sci.
Morrison, R.M.	B.Sc., Ph.D. (UBC)	Chercheur sci.
Paquette, L.A.		Soutien admin.
Pilgrim, R.F.	B.Sc. (Queen's)	Chercheur sci.
Pouskouleli, G.	B.Sc. (Univ. Aristotélienne, Grèce); M.Sc. (Université de Montréal); Ph.D. (McGill Univ.)	Chercheur sci.
Prud'homme, P.J.A.		Technologue
Rajan, S.		Technologue
Ritcey, G.M.	B.Sc. (Dalhousie)	Chercheur sci.
Rolko, V.H.E.	B.Sc. (Manitoba)	Chimiste
Roxburgh, N.B.		Technologue
Salley, J.	B.Sc., (Ottawa)	Ingénieur chimiste
Sanmugasunderam, V.	B.Sc. (Univ. of Ceylon); M.Sc. (Univ. of Wales); Ph.D. (UBC)	Chercheur sci.
Shimano, D.Y.	B.Sc. (Concordia)	Chercheur en sciences physiques
Sutarno, R.	B.E., M.E., Ph.D. (N.S.T.C.); Ing. p.	Chercheur sci.

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
Tan, K.G.	M.Sc.Chem. (Univ. de Aachem, Allemagne); Ph.D (Carleton)	Chercheur sci.
Taylor, J.B.		Technologue
Turcotte, A.M.		Technologue
Wallingford, G.		Technologue
Weatherell, C.	B.Sc., (Waterloo)	Chimiste
Webster, A.H.	B.A., M.A., Ph.D. (UBC)	Chercheur sci.
Wong, E.W.		Technologue
Wilson, L.J.	B.Sc. (McMaster)	Chercheur en sciences physiques

LABORATOIRE DE TRAITEMENT DES MINÉRAUX

Campbell, F.R.	Eng. D. (St. Francis Xavier); B.Eng. (N.S.T.C.); Ph.D. (London); D.I.C. (Imperial College)	Gestionnaire
Acta, J.	M.Sc. (UBC)	Chercheur en sciences physiques
Ahmad, A.	B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Nouveau-Brunswick)	Chercheur sci.
Andrews, P.R.A.	B.Sc. (London); M.Eng.Sc. (Melbourne)	Chercheur sci.
Beaulne, J.M.		Technologue
Besso, K.M.	B.Sc. (Montréal)	Chercheur en sciences physiques
Bilodeau, A.	B.Sc. (Laval)	Ingénieur
Bilodeau, M.	B.Sc. (Laval)	Chercheur en sciences physiques
Boisclair, M.		Technologue
Brearly, G.D.		Technologue
Cabri, L.J.	B.Sc., M.Sc., Ph.D. (McGill)	Chercheur sci.

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
Cameron, W.H.	B.Sc. (Queen's)	Chercheur en sciences physiques
Campbell, R.B.		Technologue
Canaday, J.D.	M.BA (Univ of Arizona) B.Sc. (Univ of Oklahoma); M.Sc. (Univ. of Calgary) M.Sc., Ph.D. (Univ. of Guelph);	Chercheur sci.
Carette, G.G.	B.Sc. (Laval)	Ing.
Carrière, P.		Technologue
Chen, T.T.	B.Sc., M.Sc., Ph.d. (Cornell)	Chercheur sci.
Chevrier, R.		Technologue
Childe, C.H.	B.Sc. (McGill)	Technologue
Chow, M.		Soutien admin.
Cienske, B.A.	B.A. (Poland)	Chercheur en sciences physiques
Cimon, D.	B.Sc.; M.Sc. (Laval)	Chercheur en sciences physiques
Collings, R.K.	B.Eng. (N.S.T.C.); Ing. p.	Chercheur sci.
Cristovici, M.	B. Mining and Metallurgical Eng. (Bucharest); Ing. p.	Chercheur sci.
Douglas, E.	B.Sc (Chem. Eng.) (Argentine); Ph.D. (McGill)	Chercheur sci.
Doyle, D.M.	B.Sc. Min. Eng. (Michigan Technical Univ.)	Chercheur en sciences physiques
Feasby, D.G.	B.Sc., M.Sc. (Queen's)	Chercheur en sciences physiques
Gilmour, T.		Technologue
Hanson, A.J.		Technologue
Hughson, M.R.	B.A. (Western Ontario)	Chercheur en sciences physiques
Jambor, J.L.	B.A., M.Sc. Ph.D. (Carleton)	Chercheur sci.

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
Joly, T.		Soutien admin.
Kelly, W.M.		Technologue
Kuriakose, A.K.	B.Sc., M.A., Ph.D. (Madras, Inde)	Chercheur sci.
Lacelle, L.		Soutien tech.
Laflamme, J.H.		Technologue
Laguitton, D.	Ing. chim. (Rennes); D.Sc. (Laval)	Chercheur sci.
Lamothe, J.M.	B. Mining Eng. (École Polytechnique de Montréal)	Chercheur sci.
Lavallée, M.	B. Eng. Mining (McGill)	Chercheur en sciences physiques
Leblanc, D.		Soutien tech.
Legault, C.		Soutien admin.
Leigh, G.		Technologue
Lemieux, G.		Technologue
Leung, J.H.C.	B.Sc. (Taiwan); M.Sc. (Waterloo)	Chercheur en sciences physiques
Loucks, N.D.		Soutien admin.
Mainwaring, P.R.	B.Sc. (UWO); Ph.D. (Toronto)	Chercheur sci.
Malhotra, V.M.	B.Sc., B.E. (W. Australia)	Chercheur sci.
Mathieu, G.I.	B.A., B.Sc. (Laval)	Chercheur sci.
McDonald, A.G.		Technologue
Mirkovich, V.V.	Ph.D. (Toronto)	Chercheur sci.
Moon, K.S.	B.Sc., M.Eng. (Seoul National Univ.); M.A.Sc.; M.Eng. (UBC); Ph.D. (California);	Chercheur sci.
Morin, L.		Technologue
Owens, D.R.		Technologue
Painter, K.E.	B.Sc. (Carleton)	Technologue
Petruk, W.	B.Eng., M.Sc., Ph.D. (McGill)	Chercheur sci.

NOM	DIPLÔMES	CATÉGORIE PROFESSIONNELLE
Pinard, R.G.		Technologue
Prud'homme, P.J.H.		Technologue
Quon, D.H.H.	B.Sc. (National Sun Yat Sen U); M.Sc. (Ohio State); Ph.D. (Michigan)	Chercheur sci.
Racevic, M.		Technologue
Reynolds, V.G.	B.Sc. (Carleton)	Chercheur en sciences physiques
Rouleau, J.P.		Soutien tech.
Sivasunderam, V.	B.Sc., (Srilanka) M.Sc. (Massachuetts)	Chercheur en sciences physiques
Soles, J.A.	B.A.Sc., M.A.Sc. (British Columbia), Ph.D. (McGill); P.Eng.	Chercheur sci.
Stefanski, M.	B.Sc., M.Sc., Ph.D. (Katowce); Ph.D. (Krakow)	Chercheur en sciences physiques
Stemerowicz, A.I.	B.Sc. (Queen's); P.Eng.	Chercheur sci.
Szymanski, J.T.	B.Sc., Ph.D. (London)	Chercheur sci.
Venturino, M.		Soutien admin.
Wang, S.S.B.	B.Sc. (Hong Kong Baptist); M.Sc. (California); Ph.D. (Toronto)	Chercheur en sciences physiques
Wheat, T.A.	Ph.D. (Leeds)	Chercheur sci.
Wilson, H.S.	B.E. (Saskatchewan)	Chercheur sci.
Wilson, J.M.D.	B.Sc., M.A.Sc. (Queen's)	Chercheur en sciences physiques
John, R.D.	B.Sc., (Loughborough); CIMA (London/Lambton)	Gestionnaire
Holmes, R.	B.Sc., M.Sc. (Windsor)	Gestionnaire de projet
Ackerman, B.		Soutien admin.
Renaud, F.		Soutien admin.